# การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

พิมพ์พิไล จันทรัตน์กุล

มหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2563

# ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่านที่ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ ดร.ธนวัฒน์ พงษ์ศักดิ์ และ ดร.อรนวล หาญเม่ง อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี คุณครูนวรัตน์ แจ่มจำรัส ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา จังหวัดลพบุรี ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้า จนทำให้การค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า และขอขอบพระคุณผู้บริหาร ครู บุคลากรทางการศึกษาและนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปลายของโรงเรียนบ้านหมี่วิทยา จังหวัดลพบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลอย่างดียิ่ง

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ห่วงใยและให้กำลังใจช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้ค้นคว้าด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้ค้นคว้าขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์และสถาบันการศึกษาที่ได้ให้การศึกษาที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา

พิมพ์พิไล จันทรัตน์กุล

| | |
|---|---|
| **ชื่อเรื่อง** | การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 |
| **ผู้ศึกษาค้นคว้า** | พิมพ์พิไล จันทรัตน์กุล |
| **ที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล |
| **ประเภทสารนิพนธ์** | การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562 |
| **คำสำคัญ** | การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สารประกอบอินทรีย์ แนวคิดวิทยาศาสตร์ |


**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยใช้การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างแบบจำลอง 2) ขั้นประเมินแบบจำลอง 3) ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ 4) ขั้นขยายแบบจำลอง และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรมและแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและตรวจสอบแบบสามเส้าด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง โดยนักเรียนเขียนอธิบาย นำเสนอ อภิปรายและตอบคำถามได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งเนื้อหาที่นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องมากที่สุดคือพันธะคาร์บอน และเนื้อหาที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือไอโซเมอริซึม

| | |
|---|---|
| Title | MODEL-BASED LAERNING FOR DEVELOPING SCIENTIFIC CONCEPTS IN ORGANIC COMPOUNDS TOPIC FOR GRADE 12 STUDENT. |
| Authors | Pimpilai Juntharatkul |
| Advisor | Assistant Professor Sirinapa Kijkuakul, Ph.D. |
| Academic Paper | Independent Study M.A. in Science Education, Naresuan University, 2019 |
| Keywords | Model-Based Learning, Organic Compound, Scientific Concept. |


## ABSTRACT

The objective of this research was to study how to teach using Model-Based Learning to promote the development of scientific conceptions on organic compounds of 40 Grade 12 students, in a large secondary school in Lopburi province. The researcher used 4 cycles of classroom action research. The Model-Based Learning consists of 4 steps; 1) Model Generation 2) Model Evaluation 3) Model Modification and 4) Model Elaboration, and carried out data collection using the teaching notes and scientific concept test. The researcher categorizing students' responses into 5 categories and used content analysis and method triangulation to analyze and improve the teaching approach. The findings indicated that the teaching with Model-Based Learning, the students showed more partial understanding than specific misconception. The students can writing, explaining, presenting, discussing and answering questions. The highest of sound understanding is carbon bonding and specific misconception is isomerism.

# สารบัญ

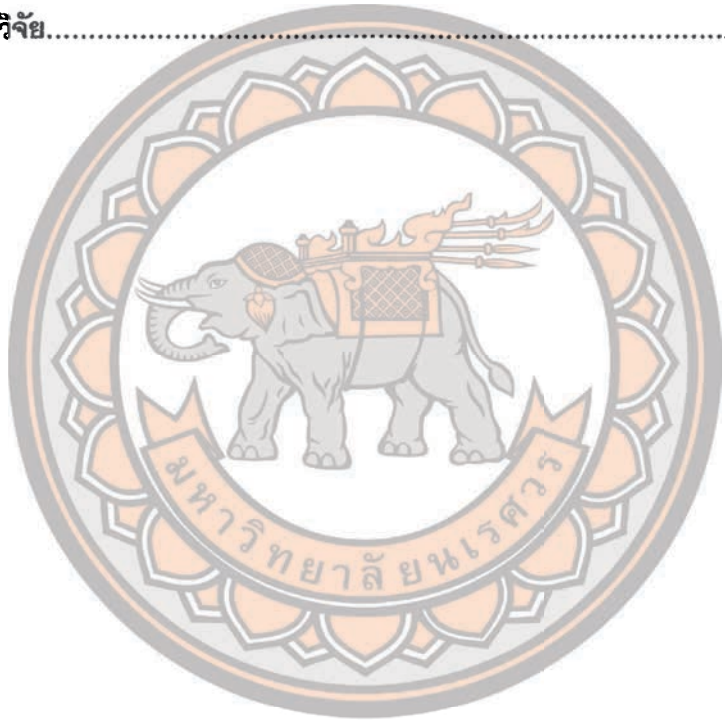

| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | บทนำ | 1 |
| | ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| | จุดประสงค์ของการวิจัย | 5 |
| | คำถามการวิจัย | 5 |
| | นิยามศัพท์ | 5 |
| | ประโยชน์ของการวิจัย | 6 |
| 2 | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| | หลักสูตรสถานศึกษา | 8 |
| | วิสัยทัศน์ | 8 |
| | พันธกิจ | 8 |
| | เป้าหมาย | 8 |
| | สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน | 8 |
| | คุณลักษณะอันพึงประสงค์ | 9 |
| | คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม เคมี 5 (ว30225) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 | 10 |
| | ผลการเรียนรู้รายวิชาเคมี 5 (ว30225) | 11 |
| | แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ | 13 |
| | ความหมายของแนวคิด | 13 |
| | การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ | 14 |
| | การวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ | 17 |
| | การจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ | 18 |
| | แบบจำลอง | 20 |
| | ความหมายของแบบจำลอง | 20 |
| | ธรรมชาติของแบบจำลอง | 22 |
| | ลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง | 23 |
| | ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง | 24 |

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| | ประเภทของแบบจำลอง | 26 |
| | แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ | 27 |
| | การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | 28 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | 31 |
| 3 | วิธีดำเนินการวิจัย | 37 |
| | รูปแบบของการวิจัย | 37 |
| | บริบทของการวิจัย | 39 |
| | กลุ่มศึกษา | 40 |
| | เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 40 |
| | การสร้างเครื่องมือวิจัย | 41 |
| | การเก็บรวบรวมข้อมูล | 47 |
| | การวิเคราะห์ข้อมูล | 48 |
| 4 | ผลการวิจัย | 53 |
| | แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร | 53 |
| | การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร | 90 |
| 5 | บทสรุป | 100 |
| | สรุปผลการวิจัย | 101 |
| | อภิปรายผลการวิจัย | 105 |
| | ข้อเสนอแนะ | 110 |

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | หน้า |
|---|---|
| บรรณานุกรม | 111 |
| ภาคผนวก | 120 |
| ประวัติผู้วิจัย | 141 |

# สารบัญตาราง

ตาราง หน้า


1 แสดงการวิเคราะห์แนวคิดให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่องสารประกอบอินทรีย์ 44

2 แสดงสรุปแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 48

3 แสดงเกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์..... 50

4 แสดงการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 ..... 62

5 แสดงการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 ..... 70

6 แสดงการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3 ..... 78

7 แสดงการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 4 ..... 86

8 แสดงสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 87

9 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์..... 91

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... | 31 |
| 2 | แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการในแต่ละวงจร..... | 39 |
| 3 | แสดงผู้เรียนวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ตามจินตนาการของตนเอง..... | 55 |
| 4 | แสดงผู้เรียนร่วมกันสืบค้นโครงสร้างสารอินทรีย์ที่สนใจ ..... | 55 |
| 5 | แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรม..... | 55 |
| 6 | แสดงโครงสร้าง 3 มิติ ที่ผู้เรียนวาดด้วยโปรแกรม Chemsketch ..... | 56 |
| 7 | แสดงตัวอย่างภาพวาดตามจินตนาการของผู้เรียน..... | 57 |
| 8 | แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลจากการสืบค้นของผู้เรียนในใบกิจกรรม..... | 58 |
| 9 | แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรม..... | 59 |
| 10 | แสดงภาพโครงสร้าง 3 มิติจากโปรแกรม Chemsketch ที่ผู้เรียนลงในกลุ่ม Facebook..... | 59 |
| 11 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนใบกิจกรรมที่ 2 ข้อ 1..... | 64 |
| 12 | แสดงโครงสร้าง 3 มิติ จากโปรแกรม Chemsketch ..... | 64 |
| 13 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน..... | 66 |
| 14 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน..... | 66 |
| 15 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรม..... | 72 |
| 16 | แสดงผู้เรียนแก้ไขคำตอบของกลุ่มอื่น..... | 73 |
| 17 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน..... | 74 |
| 18 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรม..... | 74 |
| 19 | แสดงตัวอย่างคำตอบแบบวัดแนวคิดเรื่องการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์..... | 75 |
| 20 | แสดงตัวอย่างคำตอบในใบกิจกรรมเรื่อง ไอโซเมอริซึม..... | 80 |
| 21 | แสดงตัวอย่างภาพจากโปรแกรม Chemsketch..... | 80 |
| 22 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน..... | 81 |
| 23 | แสดงตัวอย่างสารไอโซเมอร์ของ $C_8H_{18}$ จากโปรแกรม Chemsketch..... | 82 |
| 24 | แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรม..... | 82 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า


25 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องไอโซเมอริซึม..... 83
26 แสดงร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง พันธะคาร์บอน..... 92
27 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง พันธะคาร์บอน..... 93
28 แสดงร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์..... 94
29 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง การเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์..... 95
30 แสดงร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์..... 96
31 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง การอ่านชื่อสารปะกอบอินทรีย์... 97
32 แสดงร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง ไอโซเมอริซึม..... 98
33 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง ไอโซเมอริซึม..... 99


มหาวิทยาลัยนเรศวร

# บทที่ 1

# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ประเทศไทยมีเป้าหมายการศึกษาเกี่ยวกับทางด้านวิทยาศาสตร์คือมุ่งหวังพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจหลักการ ทฤษฎี กฎ ข้อจำกัด และขอบเขตธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิด การค้นคว้า การสืบเสาะหาความรู้ มีทักษะความสามารถในการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) เพื่อนำความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตประจำวัน การทำงานและอาชีพ รวมถึงเครื่องมือ เครื่องใช้และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้อำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ในศาสตร์อื่น ๆ โดยวิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงแบ่งออกเป็นหลายสาขาวิชา เช่น วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งแต่ละสาขาวิชาก็จะใช้พื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับเนื้อหารายละเอียดเฉพาะวิชานั้น ๆ ดังเช่น วิชาเคมีเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร ความสามารถของ สสาร การแปรรูปของสสาร และการปฏิสัมพันธ์กับพลังงานและสสารด้วยกันเอง ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ ในรูปของอะตอมและโมเลกุล ถึงไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ ในบางครั้งต้องใช้ร่วมกับจินตนาการจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ นักเคมีจึงมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ ซึ่งอาจไม่ใช่ส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของผู้เรียน ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแต่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้เช่น การอธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในโมเลกุล อนุภาคหรืออะตอม และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) ประกอบด้วยรูปแบบที่หลากหลายและเป็นสิ่งที่ใช้แทนปรากฏการณ์ทางเคมี เพื่อเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคกับระดับจุลภาค มีอยู่หลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมีหรือสมการเคมี แบบจำลองรูปร่างโมเลกุล (Johnstone, 1993) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า

วิชาเคมีเป็นสาขาวิชาที่ต้องอธิบายและทำความเข้าใจในหลายระดับ เพื่อถ่ายทอดหรือสื่อความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

ลักษณะธรรมชาติของวิชาเคมีดังที่กล่าวมา รวมกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนมีผลอย่างมากต่อความเต็มใจที่จะยอมรับคำอธิบายอื่น ๆ ที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโลก ซึ่งสอดคล้องกันว่าผู้เรียนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานในการสอนในชั้นเรียน แม้พบว่าบางส่วนของผู้เรียนที่เก่งที่สุดให้คำตอบที่ถูกต้อง เพราะใช้เพียงความจำที่ถูกต้อง แต่เมื่อสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้น ผู้เรียนเหล่านี้จะเปิดเผยความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานที่คลาดเคลื่อนอย่างมาก (Chiu, 2005) แนวคิดที่คลาดเคลื่อน มักเกิดจากการตีความหมายจากสิ่งที่สังเกตไม่ได้ออกมาในรูปสัญลักษณ์ หรือแม้แต่ความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานจำเป็นที่ต้องใช้ในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนมาก ปัจจุบันนักการศึกษาให้ความสนใจอย่างมากเกี่ยวกับการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อพัฒนาและหาแนวทางในการแก้ปัญหา เช่น การมีส่วนร่วมในการสอน เพราะเชื่อว่าการที่จะประสบความสำเร็จในการศึกษานั้น ผู้เรียนต้องเกิดการเรียนรู้อย่างถูกต้อง (Sani, 2010) ซึ่งจะส่งผลต่อแนวคิดในการเรียนระดับที่สูงขึ้นต่อไป

ปัญหาในการเรียนรู้ของผู้เรียนนอกเหนือจากรูปแบบของเนื้อหาวิชาเคมีที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจเนื้อหาของผู้เรียนแล้ว ยังพบว่าเนื้อหามีปริมาณมาก แต่มีระยะเวลาในการเรียนค่อนข้างจำกัด ทำให้ผู้เรียนจำนวนมากไม่ชอบเรียนวิชาเคมี โดยมองว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยาก (พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ, 2561) มีเนื้อหาทั้งความจำและการคำนวณ และมีแนวคิดหลากหลาย ไม่สามารถมองเห็นได้ ต้องอาศัยจินตนาการ อาศัยความจำ รวมทั้งเนื้อหามีความซับซ้อนต้องอาศัยการ เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน ซึ่งสาเหตุดังกล่าวส่งผลทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้ รวมถึงผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาย่อยให้สัมพันธ์กันได้ (Sirhan, 2007) นอกจากนี้อีกสาเหตุหนึ่งคือรูปแบบการสอนที่เน้นการบรรยาย (Nakhleh, 1992) โดยครูผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ฝ่ายเดียว ไม่ค่อยมีกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติร่วมกันเป็นกลุ่ม ไม่ได้มีการอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในห้องเรียน ดังนั้นครูผู้สอนจึงมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นอย่างมาก จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงส่งผลต่อการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีของผู้เรียนทำให้เกิดแนวคิดที่คลาดได้

ดังจะเห็นได้จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) จัดโดยสถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) พบว่า ผลการทดสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2558-2560 ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ใน

ระดับต่ำ คือ 33.84 , 30.02 , 28.97 ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศกว่าร้อยละ 50 ซึ่งส่วนหนึ่งของผลการเรียนรู้ที่เป็นปัญหาและต้องแก้ไขแบบเร่งด่วน คือ มาตรฐาน ว 3.1 เกี่ยวกับความเข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และมาตรฐาน ว 3.2 เกี่ยวกับความเข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสภานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553, หน้า 42-46) ดังนั้น หน่วยงานการศึกษาจึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดสอดคล้องทางวิทยาศาสตร์ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนจึงต้องสร้างสิ่งที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทน เพื่อใช้สื่อความหมายให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น ดังเช่น นักเคมีมักจะสร้างและใช้แบบจำลอง เพื่อใช้ในการอธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เป็นรูปธรรมกับผู้เรียนมากขึ้น (Justi and Gilbert, 2002) รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อการอธิบายเหตุการณ์ ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

โดยลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง คือ ต้องมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่จะอธิบาย และทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการให้เหตุผล จากการสังเกตสิ่งที่เป็นรูปธรรมและทฤษฎีพื้นฐานของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Bechtel & Abrahamsen, 2005 Coll & Lajium, 2011; Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. 2000) การใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผู้เรียนต้องระบุสาเหตุ ผลกระทบ และรู้กลไกที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ในธรรมชาติ และสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายสิ่งเหล่านั้น ทำให้สามารถเข้าใจความสัมพันธ์ที่เป็นนามธรรม ระหว่างโลกของความเป็นจริงกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น แบบจำลองจะแสดงให้เห็นถึงแนวคิดและความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับการอธิบายที่พวกเขาได้กำหนดไว้ โดยผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (Coll & Lajium, 2011; Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. 2000)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอแบบจำลอง เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ หรือหากกล่าวอีกนัยหนึ่ง แบบจำลอง คือ ตัวแทนของ วัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบซึ่งแบบจำลองเป็นสิ่งที่เชื่อมโยง

ระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับ ความเป็นจริง ดังเช่น ธณัฏฐา คงทน (2557) ใช้บัตรคำที่แสดงสัญลักษณ์ทางเคมีให้ผู้เรียนได้ลองสร้างแบบจำลองโครงสร้างที่หลากหลาย พบว่า สามารถพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนเรื่องเคมีอินทรีย์สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกันลงมือปฏิบัติกิจกรรมและแสดงแบบจำลองความคิด จนกระทั่งพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทำให้เห็นโครงสร้างที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารยา ควัฒน์กุล (2558) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารชีวโมเลกุลหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปกติ ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนมากขึ้น และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องโครงสร้างอะตอมโดยการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถาม การใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (มหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) เช่น ภาพวาด คำอธิบาย พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มี แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่ นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบ ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) สามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน และช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ในฐานะที่ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนรายวิชาเคมี และประสบปัญหาดังกล่าว จึงมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารประกอบอินทรีย์ โดยนำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยคาดหวังว่าผู้เรียนจะได้พัฒนาแนวคิดในเรื่องสารประกอบอินทรีย์ เพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนแนวคิดอื่น ๆ และการเรียนชั้นสูงต่อไป

**จุดประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

**คำถามการวิจัย**

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร

**นิยามศัพท์**

**แบบจำลอง** หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่เป็นความคิด เพื่ออธิบายการเกิดโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นรูปธรรม ตามลักษณะการเป็นตัวแทนไว้ดังนี้ การเขียนพันธะคาร์บอน การเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามระบบ IUPAC โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่แสดงในโปรแกรม Chemsketch ทั้งแบบลิวอิส แบบ 3 มิติ และแบบเส้นและมุม และการเขียนแสดงไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์

**การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน** หมายถึง วิธีการที่ครูจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนผ่านการสร้างแบบจำลอง โดยปรับปรุงหรือพัฒนาแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง (Generating Model) เป็นการกระตุ้นโดยใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
2. ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluating Model) ให้ผู้เรียนประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์
3. ขั้นแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง (Modifying Model) ให้ผู้เรียนได้ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติม จนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ถูกต้อง
4. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) ใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ

**แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์** หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่ผู้เรียนแสดงออกเป็นลายลักษณ์อักษร การสื่อสารด้วยคำพูด การนำเสนอที่บ่งบอกถึงความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง พันธะคาร์บอน การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์และไอโซเมอริซึม จากการทำแบบวัดแนวคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

โดยจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound Understanding, SU) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิดได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding, PU) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with a Specific Misconception, PU&SM) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific Misconception, SM) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No Understanding, NU) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูก หรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

**ประโยชน์ของการวิจัย**

1. ครูผู้สอนรายวิชาเคมีมีแนวทางในการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ให้สอดคล้องกับบริบทของสถานศึกษา

2. ครูผู้สอนรายวิชาเคมีมีแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีหัวข้อในการศึกษาดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา
    - 1.1. วิสัยทัศน์
    - 1.2. พันธกิจ
    - 1.3. เป้าหมาย
    - 1.4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
    - 1.5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์
    - 1.6. คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม เคมี 5 (ว30225) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
    - 1.7. ผลการเรียนรู้รายวิชาเคมี 5 (ว30225)
2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์
    - 2.1 ความหมายของแนวคิด
    - 2.2 การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
    - 2.3 การวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
    - 2.4 การจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
3. แบบจำลอง
    - 3.1 ความหมายของแบบจำลอง
    - 3.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง
    - 3.3 ลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง
    - 3.4 ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง
    - 3.5 ประเภทของแบบจำลอง
    - 3.6 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.7 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

**1. หลักสูตรสถานศึกษา**

**1.1 วิสัยทัศน์**

มุ่งมั่นพัฒนาให้เป็นโรงเรียนดี มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา รักษ์ความเป็นไทย ใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง พร้อมสู่อาเซียนในปี 2564

**1.2 พันธกิจ**

1.2.1 ส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณภาพและศักยภาพตามมาตรฐานการศึกษา มาตรฐานสากล และมีความเป็นไทย ภายใต้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1.2.2 ส่งเสริมพัฒนาครู และบุคลากรเป็นครูมืออาชีพตามมาตรฐานสากล

1.2.3 ส่งเสริมการบริหาจัดการศึกษาด้วยระบบคุณภาพ

1.2.4 ส่งเสริมเครือข่ายร่วมพัฒนาการจัดการศึกษาของโรงเรียน

**1.3 เป้าหมาย**

1.3.1 ผู้เรียนทุกคนมีคุณภาพและศักยภาพตามมาตรฐานการศึกษา มาตรฐานสากล และมีความเป็นไทย ภายใต้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1.3.2 ครูและบุคลากร สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิผล มีประสิทธิภาพเต็มตามศักยภาพ

1.3.3 สถานศึกษามีการบริหารจัดการด้วยระบบคุณภาพ

1.3.4 สถานศึกษามีเครือข่ายร่วมพัฒนาการจัดการศึกษาที่เข้มแข็ง

**1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน**

โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา ได้มุ่งเน้นในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ได้กำหนดสมรรถนะของผู้เรียนให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนด 5 ประการ ดังนี้

**1. ความสามารถในการสื่อสาร** เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษา ถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผลคุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคมแสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อมและการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสารการทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา ได้มุ่งเน้นในการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ได้กำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สอดคล้องกับที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
   - 1.1 เป็นพลเมืองดีของชาติ
   - 1.2 ธำรงไว้ซึ่งความเป็นชาติไทย
   - 1.3 ศรัทธา ยึดมั่นและปฏิบัติตนตามหลักศาสนา
   - 1.4 เคารพเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์
2. ซื่อสัตย์ สุจริต
   - 2.1 ประพฤติตรงตามความเป็นจริงต่อตนเองทั้งทางกาย วาจา ใจ
   - 2.2 ประพฤติตรงตามความเป็นจริงต่อผู้อื่นทั้งกาย วาจา ใจ

3. มีวินัย

3.1 ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของโรงเรียนและสังคม

4. ใฝ่เรียนรู้

4.1 ตั้งใจเรียน เพียรพยายามในการเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

4.2 แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน ด้วยการเลือกใช้สื่ออย่างเหมาะสม สรุปเป็นองค์ความรู้ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

5. อยู่อย่างพอเพียง

5.1 ดำเนินชีวิตอย่างพอประมาณ มีเหตุผล รอบคอบ มีคุณธรรม

5.2 มีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี ปรับตัวเพื่ออยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข

6. มุ่งมั่นในการทำงาน

6.1 ตั้งใจและรับผิดชอบในหน้าที่การงาน

6.2 ทำงานด้วยความเพียรพยายามและอดทนเพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย

7. รักความเป็นไทย

7.1 ภาคภูมิใจในขนบธรรมเนียม ประเพณี ศิลปะ วัฒนธรรมไทยและมีความกตัญญูกตเวที

7.2 เห็นคุณค่าและใช้ภาษาไทยในการสื่อสารได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

7.3 อนุรักษ์ และสืบทอดภูมิปัญญาไทย

8. มีจิตสาธารณะ

8.1 ช่วยเหลือผู้อื่นด้วยความเต็มใจโดยไม่หวังผลตอบแทน

8.2 เข้าร่วมกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อโรงเรียน ชุมชน และสังคม

1.6 คำอธิบายรายวิชาเคมี 5 (ว30225) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ศึกษาชนิดและพันธะระหว่างคาร์บอน ไอโซเมอร์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และทดลองเพื่อศึกษาการจัดตัวของคาร์บอนในสารประกอบชนิดต่าง ๆ ศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบโซ่เปิด แบบวง อะโรมาติก ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน สูตรเคมีของสารประกอบคาร์บอน ศึกษาและทดสอบสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน เอมีน เอไมด์ รวมทั้งมลพิษที่อาจจะเกิดจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และการป้องกัน

ศึกษาแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบและแยกแก๊สธรรมชาติ กระบวนการผลิตและประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีบางชนิด ชนิดของปฏิกิริยา

พอลิเมอร์ ศึกษาสมบัติและประโยชน์ของพลาสติก เส้นใย ซิลิโคน รวมทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องพอลิเมอร์สังเคราะห์ ศึกษามลพิษทางดิน ทางน้ำ ทางอากาศที่เกิดจากการผลิตและใช้ ปิโตรเคมี รวมทั้งการป้องกันและแก้ไข ศึกษาแนวโน้มและการป้องกันการเกิดมลพิษในอนาคต

ศึกษาโครงสร้างโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก แหล่งที่เกิดในธรรมชาติ ศึกษาและทดสอบสมบัติของปฏิกิริยาเคมีของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก ศึกษาสมบัติและการทำงานของเอนไซม์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะแสวงหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

1.7 ผลการเรียนรู้รายวิชาเคมี 5 (ว30225)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายสมบัติของสารอินทรีย์และธาตุคาร์บอน
2. มีความรู้ ความเข้าใจการเขียนสูตรเคมีที่ใช้ในการศึกษาเคมีอินทรีย์
3. มีความรู้ ความเข้าใจในการเกิดไอโซเมอริซึม
4. มีความรู้ ความเข้าใจหมู่ฟังก์ชัน และประเภทของสารประกอบอินทรีย์
5. สืบค้นข้อมูล และอธิบายประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว
6. สำรวจตรวจสอบและอภิปรายสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
7. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายสูตรโครงสร้าง การเรียกชื่อ สมบัติทางกายภาพและทางเคมี การเขียนไอโซเมอร์ของแอลเคน ไซโคลแอลเคน แอลคีน ไซโคลแอลคีน แอลไคน์ เบนซินและแนฟทาลีน
8. สำรวจตรวจสอบสมบัติของสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์
9. อภิปราย อธิบายสูตรโครงสร้าง การเรียกชื่อ การเขียนไอโซเมอร์ สมบัติของแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ กรดอินทรีย์ เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตนและประโยชน์ของสารบางชนิด
10. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายวิเคราะห์ การเขียนสูตรโครงสร้าง สูตรโมเลกุล การเรียกชื่อประเภท และสมบัติของสารประกอบเอมีน เอไมด์
11. สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์ อธิบายความหมายการเกิด ประโยชน์ของถ่านหิน หินน้ำมัน

12. สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์ อธิบายความหมายการเกิด การสำรวจปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบ การแยกแก๊สธรรมชาติและปิโตรเคมีภัณฑ์

13. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายความหมายของพอลิเมอร์ พอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น และแบบเติม

14. สืบค้นข้อมูล คิด วิเคราะห์ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของพอลิเมอร์กับสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทพลาสติก เส้นใย และยาง

15. อภิปราย อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่นำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

16. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายสมบัติและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งที่มีชีวิตของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบของคาร์บอน และปิโตรเคมีภัณฑ์บางชนิด

17. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสาเหตุและควบคุมมลภาวะทางอากาศ น้ำ และดิน

18. สำรวจตรวจสอบ สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโปรตีน กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ โครงสร้างโปรตีน

19. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับชนิดและหน้าที่ของโปรตีน เอนไซม์ และการแปลงสภาพโปรตีน

20. สำรวจตรวจสอบ อภิปรายและอธิบายสมบัติบางประการของคาร์โบไฮเดรต

21. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายชนิดและโครงสร้าง ของคาร์โบไฮเดรต มอนอแซ็คคาไรด์ ไดแซ็คคาไรด์ และพอลิแซ็คคาไรด์

22. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรตกับชีวิตประจำวัน

23. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายความหมายของลิพิดโครงสร้าง สมบัติและปฏิกิริยาของไขมันและน้ำมัน

24. สำรวจตรวจสอบสมบัติของไขมันและน้ำมัน

25. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายโครงสร้างสมบัติของฟอสโฟลิพิด ไขและสเตรอยด์

26. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายความหมายของกรดนิวคลีอิก ประเภท และส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก

27. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายความหมายของดีเอ็นเอ ส่วนประกอบนิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไซด์ โครงสร้างและหน้าที่ และแหล่งที่พบดีเอ็นเอ

28. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายความหมายของอาร์เอ็นเอ ส่วนประกอบ นิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไซด์ โครงสร้างและหน้าที่ และแหล่งที่พบอาร์เอ็นเอ

จากการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้เรื่องสารประกอบอินทรีย์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีลักษณะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับพันธะของธาตุคาร์บอน โครงสร้างระดับโมเลกุลของสารอินทรีย์ การเขียนโครงสร้างในรูปแบบต่าง ๆ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และไอโซเมอริซึม ซึ่งเนื้อหาดังกล่าวจะถูกนำไปสร้างเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งตรงกับผลการเรียนรู้ข้อที่ 1 ถึง 3 ของรายวิชาเคมีเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

## 2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

### 2.1 ความหมายของแนวคิด

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553) ได้ให้ความหมายของ แนวคิด หมายถึง การจัดลักษณะเหมือน ๆ กันของประสบการณ์ หรือสิ่งของเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบ ทำให้เกิดเป็นหน่วยความคิด หรือประเภทของประสบการณ์

ชนาธิป พรกุล (2554) ได้ให้ความหมายของแนวคิด หมายถึง ข้อความที่แสดงแก่นของเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเกิดจากการรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้นหรือเป็นจัดลักษณะที่เหมือนกันของสิ่งของ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือกระบวนการ เข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบขึ้นเป็นหน่วยความคิด ประเภท หมู่ หรือกลุ่ม

"แนวคิด" เป็นคำแปลมาจากภาษาอังกฤษ คำว่า Concept ตามราชบัณฑิตยสถาน ซึ่งแนวคิดมีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า ความคิดรวบยอด มโนภาพ สังกัป แนวความคิด และมโนมติ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555)

จินดารัตน์ โพธิ์นอก (2557)ได้ให้ความหมายว่า แนวคิด ความคิดรวบยอด (Concept) หมายถึง ภาพหรือความคิดในสมองที่เป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ประกอบด้วยคุณสมบัติร่วมที่สำคัญของสิ่งนั้น ซึ่งขาดไม่ได้หากขาดไปจะทำให้ไม่ใช่สิ่งนั้น เช่น ดอกไม้ทุกชนิดมีลักษณะร่วม คือ มีกลีบดอก เกสร และก้านดอก บุคคลอาจมีแนวคิดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระดับที่แตกต่างกันก็ได้ เช่น บางคนมีแนวคิดว่านกเป็นสัตว์ปีกบินได้ บางคนมีแนวคิดว่า นกมีอิสรเสรีที่จะบินไปได้ไกล บางคนมีแนวคิดว่า นกเป็นสัตว์เลือดอุ่น ในพจนานุกรมดังกล่าวนี้ยังได้อธิบายถึงคำที่เกี่ยวกับแนวคิดไว้อีกหลายคำ เช่น การก่อเกิดแนวคิด การสร้างความคิดรวบยอด (concept formation) การจัดผังแนวคิด (concept mapping) อัตแนวคิด (self concept)

Bayer (อ้างใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2550) ให้ความหมายของ แนวคิดว่า แนวคิดเป็นภาพเกี่ยวกับอะไรบางอย่างและอะไรบางอย่างนั้นอาจจะเป็นอะไรก็ได้ เช่น วัตถุที่มองเห็น พฤติกรรม หรือแนวคิดสรุปแนวคิดนั้นจะมีสองมิติคือองค์ประกอบเฉพาะของแนวคิดนั้นกับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น และระหว่างองค์ประกอบกับส่วนรวม

บรุนเนอร์ กู๊ดนาว และออสติน (อ้างใน ทิศนา แขมมณี, 2560) ให้ความหมายว่า การเรียนรู้แนวคิดของสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้น สามารถทำได้โดยการค้นหาคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของสิ่งนั้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่ใช่และไม่ใช่สิ่งนั้นออกจากกันได้

โดยสรุปแล้ว แนวคิด (concept ) หมายถึง ความคิดที่เกิดจากการรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้นหรือเป็นจัดลักษณะที่เหมือนกันของสิ่งของ เหตุการณ์ เข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบประกอบด้วยคุณสมบัติร่วมที่สำคัญของสิ่งนั้น ซึ่งขาดไม่ได้ หากขาดไปจะทำให้ไม่ใช่สิ่งนั้น ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น ๆ

2.2 การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาวิธีการสอนและการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนแนวคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Ideas) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก และมีการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนให้ถูกต้องโดยอาศัยแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) และมีผู้ศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

พันธ์ ทองชุมนุม (2547) ได้เสนอแนวทางการสอนเพื่อให้เกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ครูควรสร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในลักษณะที่น่าสงสัย ท้าทาย ยั่วยุให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้

2) ครูสร้างคำถามเพื่อนำทางนักเรียนไปสู่การแก้ปัญหา เช่น การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ คำถามประเภทให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์คาดคะเนคำตอบตามแนวทางของสมมติฐานและสรุปผล

3) ครูพยายามให้นักเรียนสรุปเป็นแนวคิดตามความเข้าใจของตนเอง โดยอยู่ภายใต้การดูแลของครู

4) ครูควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนฝึกนำแนวคิดที่เรียนรู้นั้นไปแก้ปัญหาใหม่เพื่อเสริมสร้างเกี่ยวกับการเรียนรู้แนวคิดนั้น ๆ อย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง

ทิศนา แขมณี (2560) ได้แบ่งขั้นตอนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิด ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้สอนเตรียมข้อมูลสาหรับให้ผู้เรียนฝึกหัดจำแนก

1) ผู้สอนเตรียมข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอนอีกชุดหนึ่งไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอน

2) ในการเลือกตัวอย่างข้อมูล 2 ชุดข้างต้น ผู้สอนจะต้องเลือกหาตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะครอบคลุมลักษณะของแนวคิดที่ต้องการนั้น

3) ถ้าแนวคิดที่ต้องการสอนเป็นเรื่องยากและซับซ้อนหรือเป็นนามธรรม อาจใช้วิธีการยกเป็นตัวอย่างเรื่องสั้น ๆ ที่ผู้สอนแต่งขึ้นเองนำเสนอแก่ผู้เรียน

4) ผู้สอนเตรียมสื่อการสอนที่เหมาะสมจะใช้นำเสนอตัวอย่างแนวคิดเพื่อแสดงให้เห็นลักษณะต่าง ๆ ของแนวคิดที่ต้องการสอนอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 2 ผู้สอนอธิบายกติกาในการเรียนให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจตรงกัน ผู้สอนชี้แจงวิธีการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรมโดยอาจสาธิตวิธีการและให้ผู้เรียนลองทำตามที่ผู้สอนบอกจนกระทั่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจพอสมควร

ขั้นที่ 3 ผู้สอนเสนอข้อมูลตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอนและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอน การนำเสนอข้อมูลตัวอย่างนี้ทำได้หลายแบบ แต่ละแบบมี จุดเด่น- จุดด้อย ดังต่อไปนี้

1) นำเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูลจนหมดทั้งชุด โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าเป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนแล้วตามด้วยข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูล จนครบหมดทั้งชุดเช่นกัน โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าข้อมูลชุดหลังนี้ไม่ใช่สิ่งที่จะสอน ผู้เรียนจะต้องสังเกตตัวอย่างทั้ง 2 ชุดและคิดหาคุณสมบัติร่วมและคุณสมบัติที่แตกต่างกันเทคนิควิธีนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนสร้างแนวคิดได้เร็วแต่ใช้กระบวนการคิดน้อย

2) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนสลับกันไปจนครบ เทคนิควิธีนี้ช่วยสร้างแนวคิดได้ช้ากว่าเทคนิคแรก แต่ได้ใช้กระบวนการคิดมากกว่า

3) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วเสนอข้อมูลที่เหลือทั้งหมดทีละข้อมูลโดยให้ผู้เรียนตอบว่าข้อมูลแต่ละข้อมูลที่เหลือนั้นใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง ที่จะสอนเมื่อผู้เรียนตอบ ผู้สอนจะเฉลยว่าถูกหรือผิด วิธีนี้ผู้เรียนจะได้ใช้กระบวนการคิดในการทดสอบสมมติฐานของตนไปทีละขั้นตอน

4) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วให้ผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่างข้อมูลที่ผู้เรียนคิดว่าใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ตอบว่าใช่หรือไม่ใช่ วิธีนี้ผู้เรียนจะมีโอกาสคิดมากขึ้นอีก

ขั้นที่ 4 ให้ผู้เรียนบอกคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอน จากกิจกรรมที่ผ่านมาในขั้นต้น ๆ ผู้เรียนจะต้องพยามหาคุณสมบัติเฉพาะของตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่สิ่งที่ผู้เรียนต้องการสอนและทดสอบคำตอบของตน หากคำตอบของตนผิดผู้เรียนก็จะต้องหาคำตอบใหม่ซึ่งก็หมายความว่าต้องเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นฐานของคำตอบเดิม ด้วยวิธีนี้ผู้เรียนจะค่อย ๆ สร้างความคิดรวบยอดของสิ่งนั้นขึ้นมา ซึ่งก็จะมาจากคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง

ขั้นที่ 5 ให้ผู้เรียนสรุปและให้คำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสอน เมื่อผู้เรียนได้รายการของคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอนแล้ว ผู้สอนให้ผู้เรียนช่วยกันเรียบเรียงให้เป็นคำนิยามหรือคำจำกัดความ

ขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการที่ผู้เรียนใช้ในการหาคาตอบ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตัวเอง

พรรณี ชูทัย (2522) อ้างใน อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2553) ได้เสนอแนะขั้นตอนการสอนให้เกิดแนวคิดไว้ สรุปได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ผู้เรียนทราบ เพื่อเป็นแนวทางการประเมินผลและให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผลการเรียนของตนเอง ซึ่งเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) การเรียนของผู้เรียนอีกประการหนึ่ง

2) ตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นพื้นฐานของผู้เรียน

3) เสนอตัวอย่างแนวคิดทั้งที่ใช่และไม่ใช่คละปนกันไป โดยให้ผู้เรียนค้นหาเองว่า แนวคิดมีลักษณะอย่างไร

4) ผู้เรียนสังเกต พิจารณา วิเคราะห์ เปรียบเทียบ ลักษณะของตัวอย่าง เพื่อเลือกตัวอย่างที่เป็นแนวคิดออกมา

5) ผู้เรียนให้ความหมายหรือสรุปลักษณะของแนวคิดที่เรียนนั้น

6) จัดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบสนอง ได้ซักถามและได้รับการเสริมแรงด้วยการชมเชยและให้กำลังใจ

จากที่กล่าวมา การสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสอนอย่างมีกระบวนการให้นักเรียนได้สัมผัสกับประสบการณ์ตรงหรือของจริงให้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาแนวคิดที่แตกต่างไปจากแนวคิดหรือความคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนเปลี่ยนความคิดของตนเองให้เป็นความคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific ideas) อันเป็นที่ยอมรับ ช่วยให้นักเรียนรู้คุณค่าความคิดใหม่ หรือแนวคิดใหม่เป็นที่เข้าใจได้ มีเหตุผลและมีประโยชน์ และสามารถเชื่อมโยงได้กับความคิดอื่น ๆ

**2.3 การวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์**

ในปัจจุบันการศึกษาแนวคิดของผู้เรียนมีความสำคัญเนื่องจากแนวคิดของการสร้างทฤษฎีองค์ความรู้ด้วยตนเองเน้นผู้เรียนเป็นหลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งก่อนเรียนขณะเรียนหรือแม้กระทั่งเรียนจบไปแล้วเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ สร้างและปรับปรุง การจัดการเรียนการสอนและวินิจฉัยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องหรือปัญหา เป็นโดยใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าเป็นวิชาเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ หรือวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ โดยเป็นแบบวัดแนวคิดที่เน้นศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยใช้ความเข้าใจมากกว่าความจำ ทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาแนวคิด และทำให้เกิดการวัดผลและประเมินผลอย่างมีความหมาย

การวัดแนวคิดเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความคิด ความเข้าใจในนิยามหรือลักษณะเฉพาะของแนวคิด การตรวจสอบแนวคิดทำได้หลายวิธี สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การใช้แบบวัดแนวคิด (concept test) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้วัดแนวคิดของผู้เรียนว่ามีแนวคิดอย่างไรในเรื่องที่จัดการเรียนรู้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2554) แบบวัดแนวคิดสามารถสร้างได้ หลากหลายรูปแบบให้เขียนตอบสั้น แบบคำถามปลายเปิดให้เขียนอธิบายคำตอบ (open-end question) แบบปรนัยเลือกตอบ (multiple choice) และแบบวินิจฉัย (two tier diagnostic concept test) ที่มีทั้งแบบ เลือกตอบและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบหรือแบบเลือกตอบและเลือกเหตุผลประกอบ แต่ละวิธีมีความเหมาะสมในการวัดและความยากง่ายในการสร้างเครื่องมือแตกต่างกัน หากมีการศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนไม่ว่าจะเป็นจากการสัมภาษณ์ หรือการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้สร้างเป็นข้อสอบตัวลวงในแบบวัดแนวคิดแบบปรนัยหรือแบบวินิจฉัยได้

2. การสัมภาษณ์ คือ การสอบถามสนทนาหรือการเจรจาโต้ตอบกันอย่างมีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาความรู้ความจริงตามวัตถุประสงค์ที่เรากำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งวิธีการสัมภาษณ์แต่ละรูปแบบมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) การสัมภาษณ์แบบนี้เป็นการพูดคุยกันแบบธรรมดา ไม่มีข้อมูลกำหนดกฎเกณฑ์แน่นอนตายตัว การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างนี้ไม่ให้ประโยชน์มากนัก ถ้าต้องการข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างสมมติฐานที่ตั้งไว้เพราะเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีพิธีการ (informal approach) เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่นมาก ผู้สัมภาษณ์มีอิสระในการดัดแปลงแก้ไขคำถาม ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์ได้ การสัมภาษณ์แบบนี้เหมาะสำหรับการสัมภาษณ์เพื่อหยั่งความรู้สึกนึกคิดในระดับลึก การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.1.1 สัมภาษณ์แบบไม่จำกัดคำตอบ (Non-direct Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่นมาก โดยปล่อยให้ผู้ถูกสัมภาษณ์พูดไปตามความพอใจ

2.1.2 การสัมภาษณ์แบบมีจุดสนใจโดยเฉพาะ (Focused Interview) เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่ผู้สัมภาษณ์มีจุดสนใจหรือจุดมุ่งหมายอยู่แล้ว

2.1.3 การสัมภาษณ์แบบหยั่งลึก (Depth interview) เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่ล้วงเอาความจริงจากผู้ถูกสัมภาษณ์ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

2.2 การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างที่แน่นอน (Standardized or Structured Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่เตรียมคำถามไว้ล่วงหน้าซึ่งมีทั้งคำถามปิดและคำถามเปิด ผู้สัมภาษณ์ถามคำถามที่ได้เตรียมไว้ล่วงหน้าในแบบสัมภาษณ์เรียงข้อคำถามไว้ตามลำดับเรียบร้อยแล้ว โดยแบ่งประเภทของการสัมภาษณ์ออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.2.1 การสัมภาษณ์โดยใช้ภาพตัวอย่าง (Interview about instances) เป็นการสำรวจความคิดของผู้เรียนเป็นรายบุคคลโดยใช้ตัวอย่างภาพลายเส้นที่แสดงแนวคิด และตัวอย่างภาพที่ไม่แสดงแนวคิดนั้น ๆ และในขณะสัมภาษณ์มีการบันทึกเทป การสัมภาษณ์แบบใช้ตัวอย่างสามารถสำรวจความรู้พื้นฐานของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2.2.2 การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ (Interview about event) เป็นการสัมภาษณ์ ที่ใช้สำรวจแนวคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การเดือดของน้ำ การควบแน่น เป็นต้น โดยให้ผู้เรียนอธิบายตามความคิดของตนเองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่มองเห็นว่ามีอะไรเกิดขึ้น การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ทำให้ได้ความคิดของผู้เรียนที่ชัดเจน และสามารถวิเคราะห์ได้ว่าความรู้ของผู้เรียนมีความสัมพันธ์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

2.3 การใช้แผนผังแนวคิด (Concept Mapping) คือ แผนผังที่เสนอความเข้าใจของแต่ละบุคคลในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีลำดับขั้นจากแนวคิดหลักลดหลั่นลงมา เป็นแนวคิดรอง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดด้วยเส้นและมีคำหรือข้อความเชื่อมทำให้อ่านความสัมพันธ์ เป็นประโยคหรือข้อความที่มีความหมาย

**2.4 การจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์**

นักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของผู้เรียนไว้แตกต่างกัน สามารถสรุปได้เป็น 3 รูปแบบ คือ การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม และการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

การจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 4 กลุ่ม

Marek, E., Eubanks, C. & Gallaher, T. (1990) กล่าวถึงเกณฑ์ในการแบ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

3. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Limited understanding) หมายถึง คำตอบบางคำตอบ มีแนวคิดที่ถูกต้องและบางคำตอบมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. แนวคิดไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ

การจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 กลุ่ม

Simpson, W. D., & Marek, E. A. (1988) กล่าวถึงเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound Understanding, SU) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิดได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

2. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding, PU) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องแต่ยังไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน

3. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with a Specific Misconception, PU&SM) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้อง อธิบายเหตุผลบางส่วนถูกต้อง และมีบางส่วนไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific Misconception, SM) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูกหรือผิด แต่อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No Understanding, NU) หมายถึง ผู้เรียนเลือกคำตอบถูก หรือผิด และไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรืออธิบายไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม

การจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ 6 กลุ่ม

Abraham, M.R., Grzybowki, E.B. and Renner, J.W.,(1994) กล่าวถึงเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์เป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบทุกคำตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่ครบถ้วน

3. แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึง คำตอบบางคำตอบสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และ บางคำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception) หมายถึง คำตอบทุกคำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่

5. ไม่มีแนวคิด (No Understanding) หมายถึง ตอบในลักษณะทวนคำถาม หรือ ตอบไม่ตรงประเด็น

6. ไม่มีคำตอบ (No Response) หมายถึง ไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ หรือ ตอบว่าไม่เข้าใจ

จากการศึกษาการจัดกลุ่มแนวคิดในรูปแบบต่างๆ ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม ตามแนวทางของ Simpson, W. D., & Marek, E. A. (1988) เนื่องจากในด้านภาษาที่ใช้เรียกชื่อแนวคิดแต่ละกลุ่ม รวมทั้งการให้ความหมายหรือการนิยามในแต่ละกลุ่มของแนวคิดมีความชัดเจนเข้าใจง่าย

**3. แบบจำลอง (Model)**

**3.1 ความหมายของแบบจำลอง**

การศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เริ่มจากงานของ Johnson-Laird (1980) ที่กล่าวว่ามนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิด ขึ้นจากการเชื่อมโยงของความคิดภายในขณะที่บุคคลกำลังแก้ปัญหา บุคคลนั้นจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาและตรวจสอบความถูกต้อง Rea-Ramirez, Clement, Nunez-Oviedo (2008) อธิบายการสร้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนว่า มนุษย์สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองขึ้นมาเพื่อใช้เปรียบเทียบหรือจำลองโลกแห่งความจริง นอกจากนี้ Kuhn และ Lakatos นักปรัชญาและประวัติศาสตร์ได้อธิบายว่า การสร้างแบบจำลองทางความคิดไม่ได้ เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เกิด ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษจากคำว่า model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทย โดยใช้คำว่าโมเดล แบบจำลอง ต้นแบบ แบบแผน ตัวแบบ ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของ แบบจำลองไว้ดังนี้

นักวิชาการและนักวิจัยหลายท่าน ได้ให้ความหมายของแบบจำลองที่แตกต่างกัน เช่น Gilbert et al. (2000 อ้างใน ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555) กล่าวว่า แบบจำลองแสดงปรากฏการณ์ธรรมชาติเริ่มต้นซึ่งสร้างขึ้นสำหรับ วัตถุประสงค์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ออนไลน์) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายหรือแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญ ๆ ของเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถทำความเข้าใจการทำงานของระบบจริงได้ง่ายกว่าการศึกษาจากระบบจริงโดยตรง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไป

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรณ์ทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่า คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ หรือ แบบจำลอง คือ ตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

Gilbert (2005) ได้ให้ความหมายว่า ในความหมายทั่วไปแบบจำลองหมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทน ของปรากฏการณ์เป็นวัตถุ หรือความคิด ในทางวิทยาศาสตร์แบบจำลองเป็นผลของสิ่งของที่แสดงออกที่อธิบายปรากฏการณ์ หรือความคิดที่มากกว่านั้น เช่น แบบจำลองโครงสร้างของอะตอม แบบจำลองแสดงการโคจรของดาวเคราะห์ไปรอบดวงอาทิตย์

Nersesian (2002) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่าเริ่มต้น จากนักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางความคิดที่แสดงตัวแทนของระบบทางกายภาพ โดยการสร้าง แบบจำลองทางความคิดจะเกิดขึ้นเมื่อต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบ และเพื่อทำให้เกิด ทฤษฎีใหม่

NGSS Lead States (2013) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนของระบบธรรมชาติ มีหลายรูปแบบ เช่น ไดอะแกรม แบบจำลองทางกายภาพ การจำลองทางคณิตศาสตร์การเปรียบเทียบทางคณิตศาสตร์และการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงถึงระบบ (หรือส่วนของระบบ) ภายใต้การเรียน

จะเห็นได้ว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองเกิดขึ้นจากที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองค้นคว้าจนได้ข้อสรุป โดยนักวิทยาศาสตร์พิจารณาว่าแบบจำลองเชิงทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีอยู่นั้นสามารถอธิบาย ข้อสรุปเหล่านี้ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีอยู่

นั้น สามารถอธิบายข้อสรุปเหล่านี้ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีขึ้นมาใหม่ ดังนั้นแบบจำลองไม่เพียงแค่ทำให้นักวิทยาศาสตร์เห็นภาพได้ชัดเจนเท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างทฤษฎีใหม่เพื่อใช้อธิบายกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงของสารได้ด้วย

**3.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง**

แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์มักใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมาย (target) เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ยากต่อการทำความเข้าใจมาถ่ายทอดแนวคิดเหล่านี้ให้ผู้อื่นเข้าใจง่ายขึ้น ซึ่งลักษณะทั่วไปของแบบจำลองที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1) แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมายซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี กฎ โดยแบบจำลองถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ กล่าวคือ นำมาใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์

2) แบบจำลองใช้การเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมายและการเปรียบเทียบทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าถึงแบบจำลองได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล ทำให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

3) แบบจำลองมีความแตกต่างจากเป้าหมายอาจเล็กหรือใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ทำให้แบบจำลองสามารถใช้ได้ง่ายกว่า เช่น หากเป้าหมายมีขนาดเล็กและซับซ้อน เช่น อะตอม นักวิทยาศาสตร์ก็สร้างแบบจำลองอะตอมขึ้นมา หรือในกรณีเป้าหมายมีขนาดใหญ่เกินไปยากต่อการศึกษา เช่น ระบบสุริยะจักรวาลนักวิทยาศาสตร์ก็สร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาลขึ้นมาซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแทนของเป้าหมาย

4) แบบจำลองสามารถได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น

5) แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง แบบจำลองอะตอม หรือแบบจำลองแสดงเพียงส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เป็นต้น

6) แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงเส้นการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง พันธะเคมีเป็นต้น

7) แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปประธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียวกัน เช่น การแสดงแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

8) แบบจำลองสามารถแสดงแทนระบบหรือลำดับของเอกลักษณ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร เป็นต้น

9) แบบจำลองสามารถแสดงแทนเหตุการณ์หรือช่วงการเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน เป็นต้น

10) แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองแสดงการทำงานของระบบร่างกาย เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายและธรรมชาติของแบบจำลอง สรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นจากวัตถุประสงค์เฉพาะโดยใช้เป็นตัวแทนแนวคิดที่เป็นนามธรรม กระบวนการ หรือระบบ เพื่อ อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

3.3 ลักษณะทั่วไปของแบบจำลอง

โดยทั่วไปลักษณะของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย ซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี หรือกฎ

2. แบบจำลองสามารถอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

3. แบบจำลองสามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

4. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง

5. แบบจำลองอาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาในหลอดทดลอง

6. แบบจำลองอาจเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงได้

7. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งของที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงเวคเตอร์ของแรง

8. แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งของที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียว เช่น การแสดงแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

9. แบบจำลองสามารถแสดงระบบหรือลำดับของสิ่งของต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน

10. แบบจำลองสามารถแสดงเหตุการณ์ การเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน

11. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า

โดยสรุปแล้ว ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้แบบจำลอง หมายถึง ลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เป็นรูปธรรมที่เป็นตัวแทน เช่น คำพูด ลักษณะท่าทาง โปรแกรม โดยแบบจำลองที่สร้าง

ขึ้นอาจมีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ หรือเท่ากับเป้าหมายในบางแบบจำลองไม่สามารถอธิบายความรู้ได้ทั้งหมด สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ ในการสร้างแบบจำลองการสอนอาจจะสร้างโดยครูผู้สอนหรือผู้เรียน ซึ่งเป็นลักษณะของแบบจำลองผสม (Hybrid model) โดยใช้แบบจำลองหลาย ๆ ประเภทรวมกัน

**3.4 ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง**

นักการศึกษาหลายท่านที่ได้ระบุลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้เพื่อเป็นสื่อในการอธิบายปรากฏการณ์และพยากรณ์สถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นไว้ ดังนี้

Valk, et al. (2007 อ้างอิงใน ศุภกาญจน์ รัตรนกร, 2552) ได้ระบุลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้ 8 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย และถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์ เฉพาะซึ่งเป้าหมายอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ต่าง ๆ กระบวนการ ระบบหรือความคิด โดยจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบแบบจำลอง ดังนั้นจึงระบุให้ได้ว่าอะไรคือเป้าหมาย และอะไรคือแบบจำลอง

2. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งไม่สามารถสังเกตและวัดได้โดยตรง นอกจากนั้นแบบจำลองยังเป็นสิ่งที่แทนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเป้าหมายเพื่อสะดวกในการใช้ทำนายผล

3. แบบจำลองเป็นสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมายและการเปรียบเทียบนั้นทำให้นักวิจัยเข้าถึงแบบจำลอง เช่น การตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล

4. แบบจำลองอาจมีการแตกต่างจากเป้าหมาย โดยที่แบบจำลองสามารถเป็นสื่อกลางในการอธิบายได้ง่ายกว่าและมีความน่าสนใจกว่า เช่น เป้าหมายอาจมีขนาดเล็กเกินไป (อะตอม) ใหญ่เกินไป (จักรวาล) มีความซับซ้อนเกินกว่าจะจินตนาการหรือสังเกตได้ เป็นเรื่องจริยธรรม (สมองของมนุษย์) เป็นต้น เป้าหมายที่กล่าวมานี้จะสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบจำลองได้

5. ในการเลือกใช้แบบจำลองจะเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถใช้งานได้ง่ายกว่า

6. แบบจำลองเกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบให้มีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ เช่น การเปรียบเทียบกับเป้าหมายและความแตกต่างจากเป้าหมาย

7. อาจมีแบบจำลองหลายรูปแบบที่ใช้ในการอธิบายเป้าหมายเดียวกัน เช่น ในการเรียนเรื่องโครงสร้างโมเลกุล รายวิชาชีวเคมีกับเคมี จะใช้แบบจำลองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ความถูกต้องในการใช้งาน

8. แบบจำลองสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

Justi and Gilbert (2006) ได้กล่าวถึง ลักษณะทั่วไปของแบบจำลองไว้ ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย โดยที่เป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี กฎ โดยแบบจำลองจะถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ คือ นำมาใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์

2. แบบจำลองเป็นสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมายและ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าถึงแบบจำลองได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การตั้งสมมติฐานจาก ธรรมชาติได้ แบบจำลองเพื่อทำนายผล ทำให้แบบจำลองนั้นสามารถนำไปอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทาง

3. แบบจำลองอาจมีความแตกต่างจากเป้าหมายอาจเล็กหรือใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ ซึ่งทำให้แบบจำลองใช้ได้ง่ายกว่า เช่น หากเป้าหมายมีขนาดเล็กและซับซ้อน เช่น อะตอม นักวิทยาศาสตร์ก็สร้างแบบจำลองอะตอมขึ้นมาซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมาย หรือกรณีที่เป้าหมายขนาดใหญ่เกินไปยากต่อการศึกษา เช่น ระบบสุริยะจักรวาลนักวิทยาศาสตร์ก็ได้สร้างแบบจำลองระบบสุริยะจักวาลขึ้นมาทำหน้าที่แทนเป้าหมาย

4. แบบจำลองสามารถได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ตลอดเวลา

5. แบบจำลองจะแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น การวาดภาพ หลอดทดลอง แบบจำลองอะตอม หรือแบบจำลองนั้นอาจเป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของปรากฏการณ์ หรือวัตถุ เช่นภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองในหลอดทดลอง ภาพวาดแสดงการเคลื่อนที่ของ อิเล็กตรอน เป็นต้น

6. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น แสดงเส้นทาง การไหลของพลังงาน แสดงเวกเตอร์ของแรง พันธะเคมี เป็นต้น

7. แบบจำลองสามารถแสดงออกในรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียวกัน เช่น แสดงแรงผลักของโต๊ะเรียน

8. แบบจำลองจะแสดงระบบที่มีความสัมพันธ์กันหรือลำดับของเอกลักษณ์ของ สิ่งต่าง ๆ เช่น แบบจำลองของคาร์บอนในเพชร เป็นต้น

9. แบบจำลองสามารถแสดงแทนเหตุการณ์หรือช่วงการเกิดพฤติกรรมของระบบ เช่น แบบจำลองการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน เป็นต้น

10. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองแสดงการทำงานของระบบร่างกาย เป็นต้น

จากการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง พบว่า แบบจำลองมีลักษณะสำคัญ คือ เป็นตัวแทนในการอธิบายเป้าหมายให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในเนื้อหา เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างในระดับอะตอมและโมเลกุลรูปแบบต่าง ๆ ไม่สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่จะแสดงออกให้เห็นถึงโครงสร้างโมเลกุลที่เกิดขึ้นให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้นเพื่อง่ายต่อความเข้าใจและการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ได้ ซึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ผู้เรียนจะได้สร้างแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ ในโปรแกรม Chemsketch ที่เป็นรูปภาพแสดงการหมุนของโครงสร้างที่มีพันธะเคมีที่แตกต่างกันของสารประกอบอินทรีย์ต่างชนิดกัน

3.5 ประเภทของแบบจำลอง

Gilbert (2005) แบ่งแบบจำลองออกเป็น 8 ประเภท โดยใช้ลักษณะที่แตกต่างกันของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สร้างโดยบุคคลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายใน จึงถือว่าเป็นแบบจำลองของบุคคล (personal model) ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำให้ผู้อื่นเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical models) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับประชาคมวิทยาศาสตร์ในอดีต เช่นแบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นต้น

4. แบบจำลองที่แสดงออก (Express models) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิด เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ ทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น เช่น ภาพวาดอะตอม

5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของผู้เรียนในชั้นเรียน

6. แบบจำลองหลักสูตร (Curricular model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การอุปมา อุปมัย

8. แบบจำลองผสม (Hybrid model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้สัญลักษณ์ของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง อย่างไรก็ตาม การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับโลกของความเป็นจริง และช่วยนำเสนออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรม ให้ผู้เรียนเข้าใจง่าย (Gilbert, 2005) ดังนั้นการนำเสนอแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนของครูผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงลักษณะและข้อจำกัดที่สำคัญของแบบจำลองด้วย

**3.6 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์**

Treagust et al. (2002 อ้างใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่จะใช้เป็นเครื่องมือเรียนรู้ในทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ใช้แสดงแทนแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มในทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

Victoria (2017) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกทางกายภาพและทางคณิตศาสตร์ หรือแนวคิดของระบบความคิดกิจกรรมหรือกระบวนการต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและเข้าใจรูปแบบในโลกของเราโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตนเพื่อเสนอคำอธิบายที่ช่วยให้สามารถคาดการณ์รูปแบบได้

David Wood (ออนไลน์) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เฉพาะโดยใช้สิ่งอื่นเพื่อแสดงให้เข้าใจง่ายขึ้น Treagust et al. (2002 อ้างใน โกเมศ นาแจ้ง, 2554) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไม่เพียงแต่จะใช้เป็นเครื่องมือเรียนรู้ในทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ใช้แสดงแทนแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มในทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นตัวแทนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ที่ได้จากการสังเกต และใช้แสดงแทนแนวคิดที่เป็นนามธรรม แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อาจจะแผนภาพหรือภาพจำลองทางกายภาพ ไดอะแกรม แผนผัง เพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ง่ายขึ้น

**3.7 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

**ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นอย่างต่อเนื่อง (Buckley, et al., 2004; Gobert and Buckley, 2000)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด (Clement, et al., 2000)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เป็นวิธีเรียนซึ่งให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไข และการขยายแบบจำลองซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร (Buckley and Boulter, 2000)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง ทฤษฎีที่มีการสร้างโมเดลขึ้นในการเรียนการสอน โดยมีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อการพัฒนาความคิด (Chiu, Chou and Liu, 2002; Vygotsky, 1987)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งนักการศึกษา หลายท่านได้สร้างรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

Gobert and Buckley (2002 อ้างอิงใน ธณัฏฐา คงทน, 2557) ได้เสนอรูปแบบ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มี 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูประเมินและทบทวนแนวคิดเดิมของผู้เรียนเพื่อเป็นข้อมูลนำไปจัด กระบวน การเรียนการสอนให้มีความเชื่อมโยงกับแนวคิดของผู้เรียน แต่เนื่องจากการประเมิน แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่อยู่ภายในสมองของผู้เรียน ส่งผลให้ครูไม่สามารถเข้าถึงได้ ดังนั้น ครูต้องทำการสรุปแนวความคิดของผู้เรียนโดยอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน จากเหตุและผลที่ผู้เรียนอธิบายมา

ขั้นที่ 3 ผู้เรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน และทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น แล้วเขียนเป็นแผนผังแนวคิด โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันที่ผู้เรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลและลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นไปทดลองและประเมินกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ อีกสถานการหนึ่งในขั้นนี้ผู้เรียนอาจจะพบว่า แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่เพียงพอ ดังนั้น ผู้เรียนต้องกลับไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง นำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

อารยา ควัฒน์กุล (2558, หน้า 26-27) ได้เสนอแบบจำลองในการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ครูใช้สื่อ การซักถามเป็นตัวดำเนินเรื่องเข้าสู่บทเรียน เพื่อสร้างความสนใจหลังจากนั้นให้ปัญหาที่ต้องการให้เด็กได้เรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนคิด วางแผน อภิปรายร่วมกัน โดยใช้ความรู้ที่ตนเองมีออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่สะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนเหตุผลเพื่ออธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูด ครูมีหน้าที่พิจารณาความถูกต้องของมโนทัศน์ของผู้เรียนที่สื่อออกมา และอธิบายความรู้พื้นฐานให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง จากนั้นผู้เรียนตรวจสอบแบบจำลองของตนเองหากมีมโนทัศน์ไม่ถูกต้องให้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองนั้นให้มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 3 ขยายแบบจำลอง นำความรู้ที่ได้เรียนรู้มาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม โดยต้องสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ได้

Schwarz, et al. (2005) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena) เป็นการทำให้ผู้เรียนเข้าถึงแนวคิดพื้นฐาน โดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) สร้างแบบจำลองเริ่มต้นตามความคิดหรือข้อสมมติฐาน และอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองกับเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model) ค้นคว้าข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อทำนายและอธิบายโดยใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) เป็นขั้นที่นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ค้นคว้ามา หลังจากนั้น อภิปรายผลเพื่อประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในวันถัดไป

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (Test the model against other ideas) เป็นการนำแบบจำลองไปทดสอบกับทฤษฎีอื่น หรือกฎอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model) แก้ไขแบบจำลองบนพื้นฐานประจักษ์พยาน และเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น ๆ และทำเป็นแบบจำลองมิติของกลุ่มหรือของคนส่วนใหญ่

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบาย (Use the model to predict Or explain) เป็นขั้นตอนที่ใช้แบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วมาทำนายและอธิบายปรากฏการณ์

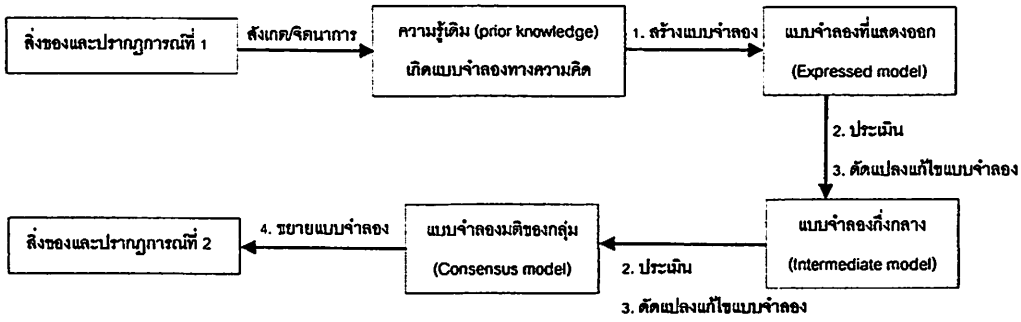
ชาตรี ฝ่ายคำตา, และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐาน 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูกระตุ้นผู้เรียนให้เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้ผู้เรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูจะล้วงความรู้เดิมของผู้เรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ หลังจากนั้น ครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนโดยสอนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ เช่นการให้ผู้เรียนสังเกตการณ์ ต้มน้ำร้อน ทำให้ฝากาน้ำขยับขึ้น แล้วให้ผู้เรียนวาดภาพแบบจำลองทำไมถึงเป็นเช่นนั้น

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นที่จะประเมินแบบจำลองที่ผู้เรียนได้สร้างไว้ในขั้นตอนที่ 1 โดยทำการประเมินว่า มีความสอดคล้อง กับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของ ผู้เรียน เช่น การทดลอง ศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพยายาม เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และครูกับผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-Construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด )

ขั้นตอนที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ผู้เรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากผู้เรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการหรือ กฎใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วผู้เรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) นำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่โดยมีขั้นตอนของแบบจำลองดังภาพ 1




**ภาพ 1 แสดงกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

**ที่มา: ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557, หน้า 92**

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเน้นกระบวนการเรียนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะต้องลงมือปฏิบัติและสร้างแบบจำลองออกมาด้วยตนเอง จนกระทั่งได้แบบจำลองที่สมบูรณ์และถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งกว่าที่จะได้แบบจำลองที่สมบูรณ์นั้นผู้เรียนจะต้องผ่านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ประเมินค่า เปรียบเทียบแบบจำลอง ที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์และสามารถนำไป อธิบายกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) เนื่องจากมีความชัดเจนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และมีความเหมาะสมกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนจะแสดงความสามารถต่าง ๆ ที่ตรงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ออกมาได้อย่างชัดเจนทำให้ประเมินผลได้ตรงตามจุดประสงค์ในงานวิจัยครั้งนี้

**4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 211 คน จากโรงเรียนรัฐบาล 5 แห่ง โดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผล จำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุม 3 หัวข้อหลักในเรื่องพันธะเคมี ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการอ่านคำตอบอย่างละเอียดแล้วตีความเพื่อหารูปแบบและประเด็นของคำตอบจากนั้นนำรูปแบบ ของคำตอบที่ได้มาจัดกลุ่มตามแนวคิดของ Chi และ Roscoe (2002) ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในทั้ง 3 หัวข้อหลักโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อย่อยต่อไปนี้ คือ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง

โมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ รวมทั้งยังพบว่าผู้เรียนนำเอาประสบการณ์หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้อธิบายพันธะเคมี และสมบัติของสาร จากผลการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าครูเคมีควรจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้สร้างทดสอบและประเมินแบบจำลองความคิดของตนเองซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

อารยา ควัฒน์กุล (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน โดยแบ่งเป็นห้องที่ 1 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มทดลอง และห้องที่ 2 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และ สุวัตร นานันท์, (2558) ได้ศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MIS (Model-Centered Instruction Sequence) และศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ MIS สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน มี 29 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบวัดแนวคิด เรื่อง ไฟฟ้าเคมีที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.91 และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.93 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิตส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสถิติทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยเกี่ยวกับแนวคิด เรื่องไฟฟ้าเคมี สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นทุกแนวคิด และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับดีมาก

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) ได้ศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน เก็บข้อมูลเชิงลึกโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิด แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง อนุทินสะท้อนความคิดของผู้เรียน และบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยซึ่งทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการตีความและสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอม การสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถาม เพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยง เนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) สำหรับแนวคิดที่เป็นนามธรรมมีการใช้กิจกรรมอุปมาในการจัดการเรียนรู้ และมีการสอดแทรกกิจกรรม ที่สะท้อนธรรมชาติของแบบจำลองร่วมกับการอภิปรายจุดเด่นและข้อจำกัดของ แบบจำลองเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และ สุวัตร นานันท์ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีทางแนวคิดวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของผู้เรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ศึกษาวิถีทางแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และวัดการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการสร้างแบบจำลองก่อนทำการทดลอง และหลังทำการทดลอง ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือชนิดคำถามปลายเปิดมาวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 1 เดือน ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีชนิดของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นมีระดับ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีแนวคิดของผู้เรียนได้ดี แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนได้

ธณัฏฐา คงทน (2557) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและพัฒนาแนวคิดของผู้เรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 39 คน รูปแบบงานวิจัยเป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้

แบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการจัดกลุ่มแนวคิดของผู้เรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้าง การแสดงออก การทดสอบ การประเมินและขยายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 45.8 สามารถ พัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ ให้มีแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) รองลงมาร้อยละ 29.5 มีแนวคิดถูกต้อง บางส่วน (PU) ร้อยละ 15.8 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และร้อยละ 8.9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยหัวข้อที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุด คือ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน และหัวข้อที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ไอโซเมอร์

จินตนา แย้มคงเมือง และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2559) ได้พัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มแนวคิดของผู้เรียนออกเป็น 5 กลุ่มตามเกณฑ์ของ Haidar (1997) จากนั้นคำนวณหาร้อยละของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด ผลการศึกษาพบว่าหลังจากได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว ผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

Mendonca and Justi (2010) ได้ศึกษาแบบจำลองของผู้เรียนในการเรียน เรื่อง พันธะไอออนิก ของผู้เรียนที่มีอายุระหว่าง 16-18 ปี จำนวนทั้งหมด 32 คน โรงเรียนในประเทศบราซิล โดยเลือกวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเนื้อหาเรื่อง พันธะไอออนิก โดยมีคำถามวิจัย คือ กิจกรรมการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของพันธะไอออนิกได้อย่างไร ซึ่งมีเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ คือ 1) ผลงานจากสิ่งที่ผู้เรียนเขียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น 3) แบบทดสอบความรู้เรื่องพันธะไอออนิก 4) เก็บข้อมูลโดยใช้ VDO 5) แบบบันทึกการสังเกต ซึ่งสังเกตโดยครูผู้สอนและผู้ร่วมสังเกตการณ์ในการจัดการเรียนการสอนครั้งนี้ ซึ่งจะเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรายกลุ่มจำนวนทั้งหมด 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน คือ 1) สร้างแบบจำลองทางความคิด 2) ผู้เรียนสร้างแบบจำลองให้มีความชัดเจน

เป็นรูปธรรมขึ้น 3) ทดสอบแบบจำลอง 4) ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องพันธะไอออนิกได้ โดยสังเกตได้จากพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกมาในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้และพัฒนาการและกระบวนการสร้างแบบจำลองออกมา จนกระทั่งได้แบบจำลองที่มีความสมบูรณ์สอดคล้องกับทฤษฎีของเนื้อหาพันธะไอออนิก

LAURA ZANGORI และ CORY T. FORBES (2015) ได้พัฒนาความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในการมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Duschl, Schweingruber & Schouse, 2007) โดยผ่านการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืช เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือการสัมภาษณ์ แบบทดสอบวัดแนวคิด สถิติที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ANOVA วิเคราะห์ข้อมูลโดยตรวจสอบการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการอธิบายโดยใช้แบบจำลองเกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของการเจริญเติบโตของพืช ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีแนวคิดที่ซับซ้อนและอธิบายกระบวนการเจริญเติบโตของพืชโดยใช้เหตุผลได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

'JOSÉ Mª OLIVA, MARÍA DEL MAR ARAGÓN and JOSEFA CUESTA (2014) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 35 คน ที่มีอายุระหว่าง 14 - 15 ปี โดยเปรียบเทียบแบบจำลองเชิงกล เช่น ชามผลไม้ ชิ้นส่วนเลโก้ ดินน้ำมัน กระดาษสี ฯลฯ ที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย และใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การประเมินแฟ้มสะสมผลงาน การสัมภาษณ์ สมุดบันทึกของครู และโสตทัศนูปกรณ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองในแต่ละมิติมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้คะแนนรูบริกพบว่าอยู่ในระดับที่ 4 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้แสดงให้เห็นภาพรวมที่จะสร้างความเข้าใจได้ถูกต้องมี 2 โครงสร้างย่อยคือ "การทำงานโดยใช้แบบจำลอง" และ "ธรรมชาติของแบบจำลอง" ผู้เรียนมีระดับความสามารถที่น่าพอใจหลังจากใช้โครงสร้างเหล่านี้

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานข้างต้น พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีลักษณะเด่น คือ 1) เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยกันเป็นกลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์กันอยู่ตลอดเวลา เช่น มีการแสดงความคิดเห็น การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น และอภิปรายปรากฏการณ์ด้วยการสร้างแบบจำลอง และตอบคำถาม 2) เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยขณะสร้างแบบจำลอง

ผู้เรียนสามารถแสดงถึงความเข้าใจผ่านแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น สิ่งที่จะบ่งชี้ว่าผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นั้นก็คือ ผู้เรียนแสดงออกถึงการดึงความรู้วิทยาศาสตร์มาสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ให้เป็นรูปธรรม หรือเข้าใจได้ง่ายได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้

# บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และขั้นสะท้อนผล ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

**รูปแบบของการวิจัย**

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งมีขั้นตอนของการวิจัยที่มีกระบวนการทำงานเป็นวงจร 4 ขั้นตอน (Kemmis and McTaggart,1998, อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) ดังนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน** (Plan) เป็นการเตรียมการหรือการวางแผน หลังจากที่มีการวิเคราะห์และกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องแก้ไขแล้ว เพื่อที่จะได้ดำเนินการในขั้นต่อไป

**ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ** (Action) เป็นการนำแผนที่มีการวางไว้ในขั้นที่ 1 มาลงมือปฏิบัติ จะมีการวิเคราะห์ วิจารณ์ผลประกอบการปฏิบัติโดยรับฟังความคิดเห็นจากกลุ่มเป้าหมายหรือผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ

**ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์** (Observe) เป็นการสังเกต ติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการลงมือปฏิบัติในขั้นที่ 2 อย่างละเอียดรอบคอบ โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่เหมาะสมเข้ามาช่วย

**ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อน** (Reflect) เป็นการประเมินหรือตรวจสอบการะบวนการที่ใช้แก้ปัญหาว่ามีข้อจำกัดหรือเกิดปัญหาขัดข้องที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้ได้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรม อีกทั้งเป็นฐานที่จะนำไปสู่การปรับปรุงวางแผนในการปฏิบัติครั้งต่อไป

โดยทั้ง 4 ขั้นตอนนั้นจะเกิดขึ้นในลักษณะเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)**

เป็นขั้นตอนการวางแผนการดำเนินการวิจัยในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชา เคมีเพิ่มเติม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ถึงลักษณะและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ทำการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมถึงศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา เพื่อนำมาสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัยและเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ตลอดจนศึกษาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการหาคุณภาพของข้อมูลเชิงคุณภาพ

**ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ** (Action)

ผู้วิจัยทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยได้ออกแบบและสร้างไว้ และทำการทดสอบแนวคิดของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดแนวคิดที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาไว้ โดยทำการทดสอบผู้เรียนแต่ละคนเมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นครบทุกวงจร

**ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต** (Observe)

ในขั้นนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยทำการสังเกตการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ตลอดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้น โดยบันทึกในแบบบันทึกท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ให้ครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมีมาสังเกตขณะจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการอีกด้วย

**ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล** (Reflect)

หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ รายวิชาเคมีเพิ่มเติมแล้ว ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และการดำเนินงานวิจัย โดยบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาไว้ ซึ่งถือเป็นการสะท้อนผลจากตัวผู้วิจัยเองและให้ครูประจำการที่สังเกตการสอนทำการสะท้อนผลด้วย โดยบันทึกเกี่ยวกับปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ประกอบกับข้อมูลเพิ่มเติมของผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

นำข้อมูลผลการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยมาวิเคราะห์ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยจัดขึ้นนั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และจะต้องปรับปรุงแก้ไขตรงไหน อย่างไร ทั้งนี้เพื่อการแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป นอกจากนี้ผลจากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดจะถูกนำส่งให้ที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย และครูประจำการที่ได้ทำการสะท้อนผล รวมถึงการให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยให้ดีและ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และหลังจากทำการสะท้อนผลแล้ว ผู้วิจัยนำข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ที่ได้รับมาปรับปรุงแก้ไข

แผนการจัดการเรียนรู้ เครื่องมือในการวัดและประเมินผล แล้วนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนในวงจรถัดไป ซึ่งวงจรของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนทั้ง 4 ขั้นตอน นั่นคือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล จะดำเนินการหมุนเวียนกันเป็นวงจรไปเรื่อย ๆ แสดงดังภาพ 2

**ภาพ 2 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการในแต่ละวงจร**

**บริบทของการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ณ โรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งใน จังหวัดลพบุรี ซึ่งเปิดสอนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผู้เรียนจำนวนทั้งสิ้น 1,418 คน ในจำนวนนี้มีผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 238 คน แบ่งเป็น 6 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นห้อง 1-2 เป็นแผนการเรียนภาษาอังกฤษ-ทั่วไป ห้อง 3 เป็นแผนภาษาอังกฤษ-สังคม และห้อง 4-6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (ห้อง 5 เป็นผู้เรียนห้อง

โครงการพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์) โดยภาพรวมแล้วโรงเรียนแห่งนี้เป็นโรงเรียนที่มีความพร้อมด้านบุคลากรทางการศึกษา สถานที่เรียน และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีให้ผู้เรียนได้ใช้อย่างเหมาะสม

**กลุ่มศึกษา**

กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีผู้เรียน 40 คน ประกอบไปด้วยเพศชาย จำนวน 9 คน และผู้เรียนเพศหญิง จำนวน 31 คน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยการคละความสามารถซึ่งดูจากผลการเรียนในรายวิชาเคมีในเทอมที่ผ่านมาของผู้เรียนแต่ละคน ออกเป็นกลุ่มละ 10 กลุ่ม ให้แต่ละกลุ่มมีสมาชิก 4 คน ซึ่งให้ผู้เรียนได้นั่งเรียนและทำงานกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มมีความคุ้นเคยกันในการทำงาน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 4 แนวคิด ได้แก่ พันธะคาร์บอน การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ และไอโซเมอร์

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ส่วนที่ 2 คือเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

1.1 **แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน** โดยยึดเนื้อหาตามรายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว30225 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ตามหลักสูตรสถานศึกษา จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

| | |
|---|---|
| 1.1.1 แผนที่ 1 พันธะคาร์บอน | เวลา 3 ชั่วโมง |
| 1.1.2 แผนที่ 2 การเขียนสูตรโครงสร้าง | เวลา 3 ชั่วโมง |
| 1.1.3 แผนที่ 3 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ | เวลา 3 ชั่วโมง |
| 1.1.4 แผนที่ 4 ไอโซเมอริซึม | เวลา 3 ชั่วโมง |

1.2 **แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้** สะท้อนผลโดยอาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ และ/หรืออาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ/หรือครูผู้มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาเคมีอย่างน้อย 1 คน ในขณะที่ผู้วิจัยทำการสอนทุกครั้ง

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล** ได้แก่

2.1 แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ เป็นคำถามแบบอัตนัยให้เขียนอธิบายเหตุผล

2.2 ใบกิจกรรม

**การสร้างเครื่องมือวิจัย**

การสร้างเครื่องมือ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 3) แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 4) ใบกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือแต่ละประเภท ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานใช้ตามรูปแบบการสอนของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) และนำมาปรับขั้นตอนให้เหมาะสมกับบริบทและเนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เกี่ยวกับคำอธิบายรายวิชา สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระเคมี ผลการเรียนรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา เพื่อกำหนดกรอบความคิดด้านผลการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 5 (สาระเพิ่มเติม) ว30225 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์

1.3 ศึกษา รวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เคมีอินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ดังนี้

| | |
|---|---|
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พันธะคาร์บอน | เวลา 3 ชั่วโมง |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเขียนสูตรโครงสร้าง | เวลา 3 ชั่วโมง |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ | เวลา 3 ชั่วโมง |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ไอโซเมอริซึม | เวลา 3 ชั่วโมง |

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อขอคำแนะนำและตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะ

1.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและนำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะอีกครั้ง

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ระดับอุดมศึกษา จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ระดับอุดมศึกษา จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนเคมีที่มีความเชี่ยวชาญ ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและขอคำแนะนำ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงพัฒนาแล้ว ไปใช้ปฏิบัติการสอนกับผู้เรียนผู้ร่วมวิจัย

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

สะท้อนผลโดยอาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ และ/หรืออาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ/หรือครูผู้มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาเคมีอย่างน้อย 1 คน ในขณะที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนของผู้วิจัยในประเด็นต่าง ๆ เช่น กิจกรรมที่ผู้วิจัยใช้เหมาะสมหรือไม่ อย่างไร ผู้วิจัยสามารถควบคุมชั้นเรียน และใช้เวลาในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ได้ดีหรือไม่ อย่างไร ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อกิจกรรมต่าง ๆ อย่างไร ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบบันทึกที่แบ่งเป็นขั้นตอนตามรูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 กำหนดกรอบและประเด็นที่สำคัญตามลำดับขั้นของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามขอบข่ายของแต่ละลำดับขั้นในวิธีการจัดการเรียนรู้

2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ตรวจพิจารณา

2.4 ปรับปรุง แก้ไขแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ต่อไป

**3. แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์**

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์จำนวน 12 ข้อ ที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์และครอบคลุมเนื้อหา เป็นคำถามแบบอัตนัยให้เขียนอธิบายเหตุผล ซึ่งมีวิธีการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เกี่ยวกับคำอธิบายรายวิชา สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระเคมี ผลการเรียนรู้ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาเอกสารบทเรียนและคู่มือครูรายวิชาเคมี เล่ม 5 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) เรื่องเคมีอินทรีย์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.3 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.4 ทำการวิเคราะห์แนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ได้แนวคิดหลัก 4 แนวคิด คือ

3.4.1 พันธะคาร์บอน

3.4.2 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

3.4.3 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์

3.4.4 ไอโซเมอริซึม

3.5 จัดทำตารางวิเคราะห์แนวคิดให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ เพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงการวิเคราะห์แนวคิดให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์

| แนวคิด | ผลการเรียนรู้ | ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง | ลักษณะคำตอบ | จำนวนข้อสอบ (ข้อ) |
|---|---|---|---|---|
| 1. พันธะคาร์บอน | สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายสมบัติของสารอินทรีย์และธาตุคาร์บอน | 1. สารประกอบอินทรีย์เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีทั้งที่เกิดในธรรมชาติและที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น สาขาวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับชนิด สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์เรียกว่า เคมีอินทรีย์<br>2. คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ 4A หรือหมู่ 14 สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนด้วยกันเองและกับอะตอมของธาตุอื่นด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่หรือพันธะสาม จึงทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก | เขียนตอบ | 3 |
| 2. การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ | มีความรู้ ความเข้าใจการเขียนสูตรเคมีที่ใช้ในการศึกษาเคมีอินทรีย์ | โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์เขียนแสดงได้หลายแบบ เช่น โครงสร้างลิวอิส โครงสร้างแบบย่อ แบบใช้เส้นและมุม ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้แสดงการจัดเรียงอะตอมในโมเลกุลในลักษณะ 2 มิติ | เขียนตอบ | 3 |

ตาราง 1 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์แนวคิดให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์

| แนวคิด | ผลการเรียนรู้ | ลำดับแนวคิดต่อเนื่อง | ลักษณะคำตอบ | จำนวนข้อสอบ (ข้อ) |
|---|---|---|---|---|
| 3. การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ | สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายสูตรโครงสร้าง การเรียกชื่อ สมบัติทางกายภาพและทางเคมี การเขียนไอโซเมอร์ของแอลเคน ไซโคลแอลเคน แอลคีน ไซโคลแอลคีน แอลไคน์ เบนซินและแนฟทาลีน | 1. หมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ เรียกว่า หมู่ฟังก์ชัน<br>2. สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน จัดเป็นสารประกอบต่างชนิดกันและมีสมบัติแตกต่างกัน<br>3. สารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน | เขียนตอบ | 3 |
| 4. ไอโซเมอริซึม | มีความรู้ ความเข้าใจในการเกิดไอโซเมอริซึม | สารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน จัดเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกัน โดยเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ไอโซเมอริซึม และเรียกสารประกอบแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์ | เขียนตอบ | 3 |

3.6 สร้างแบบวัดแนวคิด เรื่องสารประกอบอินทรีย์ และสร้างเกณฑ์การจัดกลุ่มคำตอบของผู้เรียนตามความสอดคล้องแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 กลุ่ม ตามรูปแบบของ (Simpson and Marek 91998, pp. 361-374) กล่าวถึงเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

3.6.1 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบายโดยใช้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์

3.6.2 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding : PU) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบายโดยใช้เหตุผลถูก แต่ไม่ครบสมบูรณ์หรือสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน

3.6.3 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Partial Understanding and Specific Misconception : PU&SU) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบายได้ถูกต้อง แต่เหตุผลบางส่วนถูก บางส่วนเข้าใจคลาดเคลื่อน

3.6.4 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : SM) หมายถึง ผู้เรียนสามารถอธิบายถูกหรือผิด แต่เหตุผลไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์

3.6.5 กลุ่มที่ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU) หมายถึง ผู้เรียนไม่มีการอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือตอบไม่ตรงคำถาม

3.7 นำแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปปรึกษาและขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะ

3.8 ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดแนวคิดตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา และนำเสนอแบบวัดแนวคิดที่ปรับปรุงแล้วต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะอีกครั้ง

3.9 นำแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ระดับอุดมศึกษา จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี อาจารย์ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์ ระดับอุดมศึกษา จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนเคมีที่มีความเชี่ยวชาญ ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.10 จัดพิมพ์แบบวัดแนวคิด เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ฉบับจริง เพื่อนำไปเก็บข้อมูล (ใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน)

**4. ใบกิจกรรม**

เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนจะทำการเขียนบันทึกทุกครั้งระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการสร้างใบกิจกรรม

4.2 ศึกษาแนวคิดเรื่องสารประกอบอินทรีย์

4.3 ศึกษาเนื้อหารายวิชาเคมี เล่ม 5 เรื่อง เคมีอินทรีย์

4.4 กำหนดขอบข่ายการบันทึกของผู้เรียน

4.5 สร้างใบกิจกรรมตามความเหมาะสมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

4.6 นำใบกิจกรรมเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

4.7 ปรับปรุงแก้ไขใบกิจกรรมตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4.8 จัดทำใบกิจกรรมฉบับสมบูรณ์พร้อมให้กลุ่มเป้าหมายเขียนบันทึก

จากที่ผู้วิจัยนำใบกิจกรรมผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พบว่าใบกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับกิจกรรมและสามารถประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามรูปแบบวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยหลายชนิด เพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อ ในการดำเนินการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนที่เป็นผู้ร่วมวิจัย

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูล แสดงดังตาราง 2

**ตาราง 2 แสดงสรุปแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล**

| คำถามวิจัย | เครื่องมือ | ผู้ให้ข้อมูล | เวลาที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| ข้อที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร | 1. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้<br>2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้<br>3. ใบกิจกรรม | 1. ผู้ร่วมวิจัย<br>2. ผู้วิจัย<br>3. ครูประจำการ | 1. ขณะดำเนินงานวิจัย<br>2. หลังจบวงรอบการปฏิบัติแต่ละวงรอบ |
| ข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร | 1. แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์<br>2. ใบกิจกรรม | 1. ผู้ร่วมวิจัย<br>2. ผู้วิจัย<br>3. ครูประจำการ | 1. ขณะดำเนินงานวิจัย<br>2. หลังจบวงรอบการปฏิบัติแต่ละวงรอบ |

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน เพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อ ได้แก่

**คำถามข้อที่** 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร

**คำถามข้อที่** 2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร

**ผู้วิจัยตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 มีการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละเครื่องมือ ดังนี้**

1. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ที่รวมอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้วิจัยใช้สะท้อนผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผลดังนี้

1.1 ผู้วิจัยอ่านข้อมูลจากแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยได้ทำการจดบันทึกไว้หลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จ และจัดพิมพ์ข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้ง่ายต่อการนำมาใช้

1.2 คัดแยกข้อมูลที่เป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำมาใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ได้

1.3 จัดเรียงข้อมูลที่ตนเองได้ทำการสะท้อนผลไว้ โดยนำมาเรียงเป็นขั้นตอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ผู้วิจัยพบว่ามีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ต่อได้ และส่วนที่ผู้วิจัยพบว่าเกิดปัญหา ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป

1.4 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจากแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และสรุปสิ่งที่ควรนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ระดับอุดมศึกษา และ/หรือผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ระดับอุดมศึกษา และ/หรือครูผู้สอนเคมีที่มีความเชี่ยวชาญ ระดับมัธยมศึกษา มีการวิเคราะห์ผลดังนี้

2.1 ผู้วิจัยอ่านคำแนะนำและข้อเสนอแนะจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญทุกคน และจัดพิมพ์ข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้ง่ายต่อการนำมาใช้

2.2 คัดแยกข้อมูลที่เป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำมาใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ได้

2.3 จัดเรียงข้อมูลการสะท้อนผลของผู้เชี่ยวชาญ โดยนำมาเรียงเป็นขั้นตอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ผู้วิจัยพบว่ามีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ต่อได้ และส่วนที่ผู้วิจัยพบว่าเกิดปัญหา ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป

2.4 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ และสรุปสิ่งปัญหา รวมทั้งข้อเสนอแนะที่จะนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

**ผู้วิจัยตอบคำถามวิจัยข้อที่** 2 ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และใบกิจกรรม เพื่อนำมาอธิบายว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างไร โดยรวบรวม ทำการอ่านข้อมูล ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียนแต่ละคน ทั้งหมด 4 แนวคิด ได้แก่ พันธะคาร์บอน การเขียนโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ และไอโซเมอริซึม จากนั้นผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ในการจำแนกแนวคิดที่ศึกษาออกเป็น 5 แนวคิด ซึ่งแบ่งประเภทของแนวคิดตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1994) ดังต่อไปนี้ 1) แนวคิดถูกต้อง (sound understanding: SU) 2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding: PU) 3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (partial understanding with a specific misconception: PU/SM) 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misconception: SM) และ 5) ไม่มีแนวคิด (not understanding: NU) (ตารางที่ 3) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแนวคิดเรื่องสารประกอบอินทรีย์ของผู้เรียนแต่ละคนมาจัดจำแนกแนวคิดเป็นกลุ่ม จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลแนวคิดของผู้เรียนที่ได้มาหาค่าความถี่และร้อยละ เรียบเรียงนำเสนอในรูปตารางและความเรียง

**ตาราง 3 แสดงเกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารประกอบอินทรีย์**

| ประเภทของแนวคิด | ลักษณะคำตอบ | ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน |
|---|---|---|
| 1) แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องทั้งหมด | ผู้เรียนแสดงแนวคิดและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ | "คาร์บอนมี 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน สามารถสร้างพันธะได้ 4 พันธะ จึงจะครบตามกฎออกเตต " (ผู้เรียนคนที่ 40) |

**ตาราง 3 (ต่อ) แสดงเกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิด เรื่องสารประกอบอินทรีย์**

| ประเภทของแนวคิด | ลักษณะคำตอบ | ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน |
|---|---|---|
| 2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU)หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน | ผู้เรียนแสดงแนวคิดและอธิบายเหตุผลได้สอดคล้องบางส่วนกับความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ | "คาร์บอนมี 4 พันธะ แต่ตำแหน่งที่ 3 และ 5 คาร์บอนมี 5 พันธะจึงผิด" (ผู้เรียนคนที่ 32) |
| 3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception: PU/SM) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน | ผู้เรียนแสดงแนวคิดและอธิบายเหตุผลได้สอดคล้องบางส่วนกับความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ และมีอย่างน้อย 1 แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ | "คาร์บอนตัวที่ 3 และ 5 จับกับไฮโดรเจนเกินมา 1 ตัว" (ผู้เรียนคนที่ 36) |
| 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ | ผู้เรียนแสดงแนวคิดและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ | "คาร์บอนมี 4 แขน จะมี 5 แขนไม่ได้" (ผู้เรียนคนที่ 20) |
| 5) ไม่มีแนวคิด (Not Understanding: NU) หมายถึง ไม่ตอบคำถาม ตอบซ้ำกับคำถาม ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไม่อธิบาย | ผู้เรียนไม่มีข้อมูลใด ๆ ที่แสดงแนวคิดเรื่องสารประกอบอินทรีย์ หรือเขียนลักษณะทวนคำถาม หรือแสดงแนวคิดไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องสารประกอบอินทรีย์ | ไม่เขียนคำตอบใด ๆ |

**การศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกหลังกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา โดยวิเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์ และอภิปรายสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ เพื่อทำการประมวลผลว่าสิ่งที่ปฏิบัติอยู่ดีหรือไม่อย่างไร มีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร มีวิธีการแก้ไขปัญหาเหล่านั้นอย่างไร นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการวิจัย ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมานำเสนอในรูปความเรียง

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นเป็นรูปแบบวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นพัฒนาแนวคิดเรื่องสารประกอบอินทรีย์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม – 6 กันยายน 2562 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพตามคำถามวิจัย ดังนี้

**คำถามวิจัยข้อที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร**

ผู้วิจัยศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยจะนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งแบ่งเป็น 4 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่องพันธะคาร์บอน วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ และวงจรปฏิบัติการที่ 4 เรื่องไอโซเมอริซึม ซึ่งในแต่ละวงจรปฏิบัติการใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และขั้นขยายแบบจำลอง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Chemsketch ในการจัดการเรียนรู้ด้วย และได้สอนการใช้งานโปรแกรมให้กับผู้เรียนก่อนเก็บข้อมูลจริง ซึ่งใช้เวลาในการสอนการใช้โปรแกรม Chemsketch จำนวน 3 ชั่วโมง จากนั้นให้ผู้เรียนฝึกฝนการใช้งานโปรแกรม Chemsketch เพิ่มเติมนอกเวลาเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แสดงรายละเอียดการจัดกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

**วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง พันธะคาร์บอน**

**1. ขั้นวางแผน (Plan)**

ผู้วิจัยวางแผนเก็บข้อมูลในวันอังคารที่ 13 สิงหาคม พ.ศ.2562 จำนวน 2 ชั่วโมง และวันศุกร์ที่ 16 สิงหาคม พ.ศ.2562 จำนวน 1 ชั่วโมง ซึ่งก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อการสอน อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เช่น กระดาษและปากกา รวมถึงให้ผู้เรียนใช้คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม Chemsketch และผู้วิจัยเดินตรวจสอบโปรแกรมของแต่ละกลุ่มให้พร้อมใช้งาน จากนั้นดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้

**2. ขั้นปฏิบัติ (Action)**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแต่ละขั้นตอน มีการปฏิบัติดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

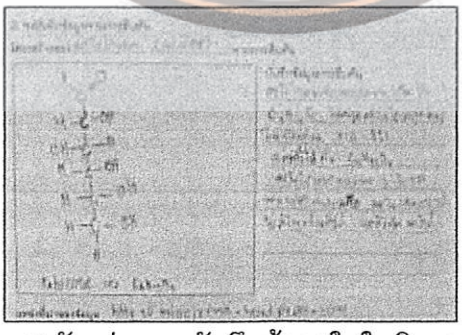
ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมโดยเริ่มจากการให้ผู้เรียนดูวีดีโอเรื่องสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา ความยาวประมาณ 2 นาที เมื่อวีดีโอจบลง ผู้วิจัยตั้งคำถามว่าผู้เรียนสังเกตเป็นอะไรในวีดีโอบ้าง ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่จะตอบว่าเป็นอาหาร ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างเพิ่มเพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจนมากขึ้น เช่น สารอาหารที่เราได้รับเมื่อเรารับประทานเนื้อ ข้าว ฯลฯ ผู้เรียนจึงตอบว่าเป็นสารอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ผู้วิจัยเริ่มใช้คำถามที่จะสื่อสารถึงโมเลกุลของสารอาหารโดยตั้งคำถามเกี่ยวกับหน่วยย่อยของสารอาหารประเภทต่าง ๆ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุหน่วยย่อยของสารอาหารได้ เริ่มมีการพูดคุยซักถามกันในกลุ่มจนกระทั่งผู้วิจัยยกตัวอย่างเพิ่มเติม เช่น กรดอะมิโน กลูโคส กรดไขมัน มีผู้เรียนหลายคนตอบว่าเคยได้ยินผ่านทางโฆษณาตามสื่อต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงเริ่มแจกกระดาษแผ่นเล็กคนละ 1 แผ่น และให้ผู้เรียนนั่งเป็นกลุ่ม จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 4 คน ให้ผู้เรียนแต่ละคนจินตนาการโครงสร้างของหน่วยย่อยของสารอาหารประเภทใดก็ได้ คนละ 1 โครงสร้าง แล้ววาดลงในกระดาษแผ่นเล็กที่ผู้วิจัยแจกให้ ขณะนั้นมีผู้เรียนหลายกลุ่มปรึกษากัน และยังสงสัยในคำถามว่าจะวาดอย่างไรดี ซึ่งแสดงออกถึงความไม่มั่นใจ เพราะกลัวว่าจะผิด ผู้วิจัยจึงพูดเน้นย้ำอีกครั้งว่าให้ลองวาดโครงสร้างออกมาก่อนจะผิดหรือถูกก็ไม่เป็นไร เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจมากขึ้น จากนั้นผู้เรียนจึงเริ่มลงมือวาดรูป ดังภาพ 3

ภาพ 3 ผู้เรียนวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ตามจินตนาการของตนเอง

2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง

ผู้วิจัยให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างสารประกอบที่ผู้เรียนได้วาดออกมา โดยใช้โทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ในการค้นหา มีผู้เรียนส่วนใหญ่สืบค้นข้อมูลโดยใช้โทรศัพท์ของตนเอง เมื่อแต่ละกลุ่มได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือแล้วผู้วิจัยให้ผู้เรียนได้เขียนลงในใบกิจกรรมข้อที่ 2 พร้อมทั้งบอกที่มาของแหล่งข้อมูล ในขั้นตอนนี้พบว่าผู้เรียนให้ความสนใจในการสืบค้นข้อมูล สามารถเลือกและระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือในการสืบค้นได้เป็นอย่างดี ดังภาพ 4

ภาพ 4 ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นโครงสร้างสารอินทรีย์ที่สนใจ

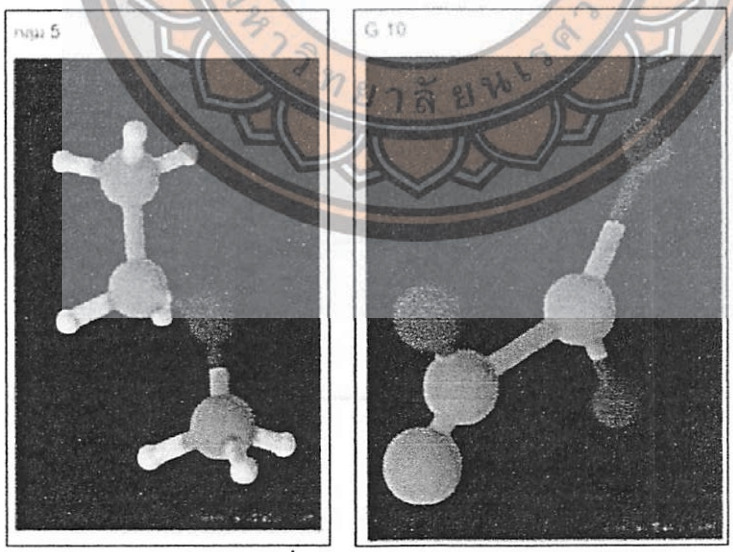


ภาพ 5 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรม

จากนั้นผู้วิจัยให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอะตอมของธาตุคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เช่น การจัดเรียงอิเล็กตรอน หมู่ในตารางธาตุ จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน การเกิดพันธะ ในช่วงที่ผู้วิจัยให้ความรู้ได้ใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนการสอนและตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนไปด้วย เช่น ธาตุคาร์บอนอยู่หมู่ใด มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่าไร เป็นต้น ซึ่งผู้เรียนให้ความร่วมมือในการตอบคำถามและมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับตารางธาตุเป็นอย่างดี

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

กิจกรรมในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องตรวจสอบภาพที่ตนเองวาดตามจินตนาการกับภาพที่ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลได้ แล้ววาดลงในโปรแกรม Chemsketch ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเริ่มใช้โปรแกรมครั้งแรกในการวาดโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ ทำให้เกิดข้อสงสัยในการใช้งานของแถบเมนูการใช้งานต่าง ๆ จึงทำให้ใช้เวลาในการวาดด้วยโปรแกรมค่อนข้างนาน ระหว่างที่ผู้เรียนวาดลงในโปรแกรม ผู้วิจัยเดินดูรอบ ๆ และให้คำชี้แนะแนวทางในการวาดกับผู้เรียนตลอดเวลา จนกระทั่งผู้เรียนสามารถใช้โปรแกรม Chemsketch สร้างเป็นภาพ 3 มิติ ได้ ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้นจากการหมุนของภาพโครงสร้างโมเลกุล และอยากเรียนรู้การใช้โปรแกรมให้ชำนาญและมีทักษะในการสร้างภาพ 3 มิติ ในโครงสร้างอื่นต่อไป เมื่อหมดเวลาเรียน ผู้วิจัยให้ผู้เรียนเก็บข้อมูลในชื่อของกลุ่ม เช่น G.1C-bond1 แล้วส่งไฟล์รูปภาพ 3 มิติ ในกลุ่มที่ผู้วิจัยสร้างไว้ ดังภาพ 6 และให้ผู้เรียนกลับไปฝึกฝนการใช้โปรแกรม Chemsketch เพิ่มเติมด้วยตนเอง




**ภาพ 6 โครงสร้าง 3 มิติ ที่ผู้เรียนวาดด้วยโปรแกรม Chemsketch**

4. ขั้นการขยายแบบจำลอง

การจัดกิจกรรมในขั้นนี้ ผู้วิจัยให้โจทย์กับผู้เรียนเพิ่มเติม คือ $C_4H_6$ , $C_2H_6$ และ $C_6H_{10}$ แล้วให้ผู้เรียนวาดลงในโปรแกรม มีผู้เรียนบางคนได้พูดถึงความแตกต่างของจำนวนอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนในโครงสร้าง และเกิดข้อสงสัยว่าภายในโครงสร้างต้องมีลักษณะที่แตกต่างกันจึงทำให้จำนวนอะตอมของธาตุในสารประกอบมีจำนวนไม่เท่ากัน เมื่อผู้เรียนทุกกลุ่มวาดลงโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยและผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับพันธะคาร์บอน ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการตอบคำถามดีมาก และเกิดข้อสงสัยน้อยลง ผู้วิจัยจึงให้ความรู้เกี่ยวกับความแตกต่างของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เพิ่มเติม โดยอภิปรายและแสดงความคิดเห็นร่วมกัน

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยสังเกตและตรวจสอบการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง

จากการสังเกตพบว่าผู้เรียนเกิดความสงสัยในคำถามเมื่อผู้วิจัยให้ผู้เรียนลองวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ตามจินตนาการของตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความกังวลว่าจะวาดผิด หรือทำไม่ถูกต้อง มีการพูดคุยซักถามกันในกลุ่ม จนกระทั่งผู้วิจัยได้แจ้งให้ลองวาดโครงสร้างออกมาก่อนผิดหรือถูกไม่เป็นไร จากนั้นผู้เรียนเริ่มลงมือวาดลงในกระดาษที่ผู้วิจัยแจกให้ ดังภาพ 7

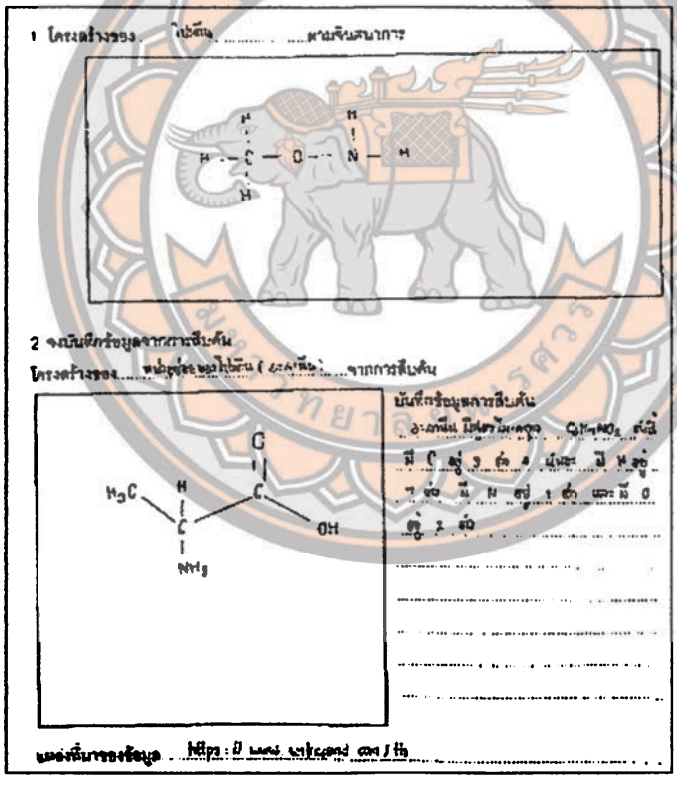
**ภาพ 7 ตัวอย่างภาพวาดตามจินตนาการของผู้เรียน**

จากภาพ 7 พบว่า โครงสร้างที่ผู้เรียนวาดออกมาส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องมากจากผู้เรียนไม่ทราบว่าสารอาหารชนิดนั้น ๆ มีธาตุใดเป็นองค์ประกอบพื้นฐานบ้าง จึงทำให้ไม่สามารถวาดโครงสร้างออกมาได้ทันที ทำให้เกิดความลังเลและสงสัยในการวาดโครงสร้าง ทำให้ใช้เวลาในการคิดนานก่อนที่จะวาดโครงสร้างออกมา ผู้วิจัยจึงอธิบายเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงโครงสร้าง

ตามจินตนาการของตนเอง และผู้เรียนทุกคนพยายามที่จะวาดโครงสร้างออกมาด้วยความตั้งใจ และให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นอย่างดี

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

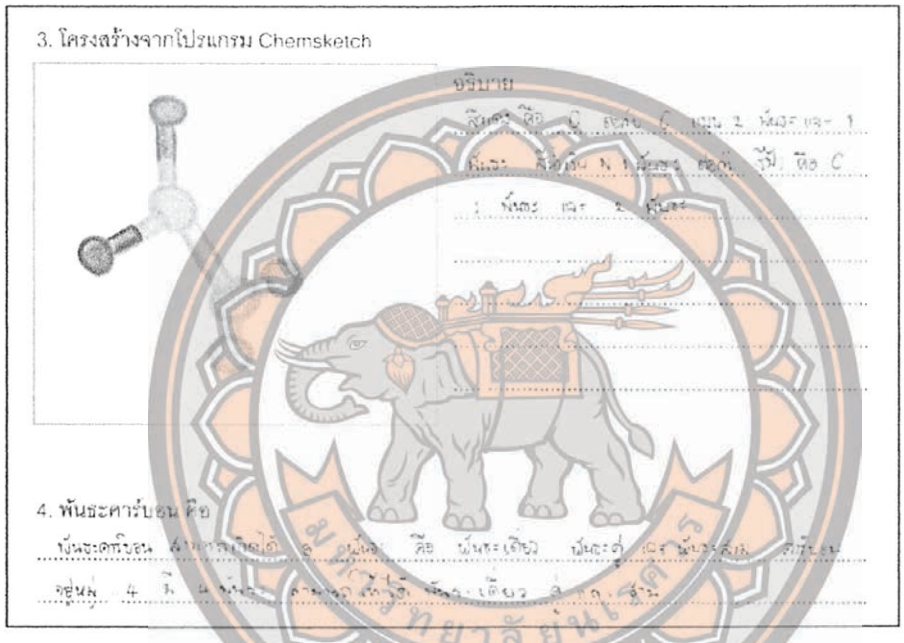
ขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่สนใจ จากการสังเกตพบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันเพื่อเลือกโครงสร้าง 1 โครงสร้าง แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม พบว่าผู้เรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลโดยมีผู้เรียนบางส่วนสืบค้นข้อมูลโดยใช้โทรศัพท์ บางส่วนใช้คอมพิวเตอร์ จะเห็นได้ว่าผู้เรียนให้ความสนใจในการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล เป็นวิธีการช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยสืบค้นข้อมูลจากสื่อหรือแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเลือกข้อมูลจากการสืบค้นที่น่าเชื่อถือมาประกอบการตัดสิน ทำให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่มีเหตุผลได้ ดังภาพ 8



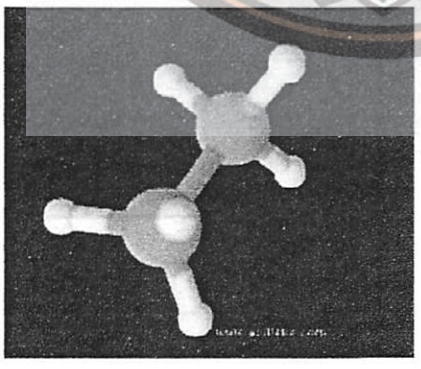
**ภาพ 8 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลจากการสืบค้นของผู้เรียนในใบกิจกรรม**

3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบโครงสร้างที่ตนเองวาดกับข้อมูลที่สืบค้นมาได้ แล้วพิจารณาว่าพันธะคาร์บอนของสารอินทรีย์นั้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น โดยผู้เรียนใช้ข้อมูลจากจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุคาร์บอนที่มี 4 อิเล็กตรอนในการสร้างพันธะโคเวเลนต์ ทำให้พันธะรอบ ๆ อะตอมคาร์บอนมีได้แค่ 4 พันธะ (8 อิเล็กตรอน) โดยจะเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามก็ได้ จากนั้นผู้เรียนได้วาดโครงสร้างที่ถูกต้องลงในโปรแกรม Chemsketch และแชร์เข้ามาในกลุ่ม Facebook ที่สร้างขึ้น ดังภาพ 10




ภาพ 9 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรม



ภาพ 10 ภาพโครงสร้าง 3 มิติจากโปรแกรม Chemsketch ที่ผู้เรียนลงในกลุ่ม Facebook

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้โจทย์ผู้เรียนแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน แล้วให้ผู้เรียนวาดโครงสร้างลงในใบกิจกรรมและโปรแกรม Chemsketch ซึ่งโจทย์ที่ผู้วิจัยกำหนดมีธาตุอื่นเป็นองค์ประกอบด้วย เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นต้น พบว่าเมื่อแต่ละกลุ่มได้โจทย์ไปผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นของตนเองให้เพื่อนในกลุ่มฟังก่อนวาดโครงสร้าง โดยเริ่มจากอะตอมของคาร์บอนเป็นหลักจากนั้นวาดธาตุอื่นรอบอะตอมคาร์บอน ซึ่งเมื่อผู้เรียนลองวาดโครงสร้างแล้ว พบทั้งถูกและผิด จากนั้นผู้เรียนอธิบายเหตุผลให้เพื่อนในกลุ่มฟังได้อย่างละเอียด เมื่อสมาชิกในกลุ่มยอมรับและเห็นตรงกันจึงนำโครงสร้างนั้นมาวาดลงในโปรแกรม Chemsketch และสร้างภาพเป็น 3 มิติ ทำให้เกิดการหมุนของโครงสร้างและเห็นมุมระหว่างพันธะของธาตุแต่ละอะตอมชัดเจน จากการสังเกตในขั้นนี้พบว่าผู้เรียนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับพันธะคาร์บอนได้และนำมาประยุกต์ใช้กับการเขียนโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกันได้เป็นอย่างดี

**4. ขั้นสะท้อนผล** (Reflect)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้วิจัยประจำการทำการสังเกตการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและสังเกตว่าการจัดการเรียนรู้นั้นดีหรือไม่ ต้องปรับปรุงอย่างไร ซึ่งผลจากการสังเกตในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

ขั้นนี้จากการสร้างความสนใจให้แก่ผู้ผู้เรียนโดยการดูวีดีทัศน์และตั้งคำถาม เมื่อเริ่มทำกิจกรรมพบว่าผู้เรียนมีความสนใจในสื่อที่ผู้วิจัยนำมาให้ดูและเกิดความสงสัย เมื่อผู้วิจัยตั้งคำถามมีผู้เรียนบางคนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องมาจากความรู้เดิมและประสบการณ์ของผู้เรียน จะเห็นได้ว่าการใช้คำถามของผู้วิจัยสามารถกระตุ้นการคิดและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดได้ ประกอบกับการใช้สื่อที่สอดคล้องหรือเหมาะสมกับเนื้อหาที่สอนยังส่งเสริมกระบวนการคิดของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้พบว่า ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มร่วมกัน สืบค้นข้อมูล เลือกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และยอมรับความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งสังเกตจากการเลือกโครงสร้างสารอินทรีย์ที่คิดว่าโครงสร้างน่าจะเป็นได้มากที่สุดของสมาชิกในกลุ่มมา 1 โครงสร้าง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สืบค้น อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน ในขั้นนี้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้ใช้โปรแกรม Chemsketch ในการวาดโครงสร้างของสารอินทรีย์ ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มสามารถโครงสร้างด้วยตนเอง ถึงแม้จะใช้เวลาในการวาดโครงสร้างค่อนข้างนาน ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้เรียนเกิดความตื่นเต้นในการใช้โปรแกรมครั้งแรก ทำให้การใช้งานแถบเมนูคำสั่งต่าง ๆ ยังไม่ชำนาญ แต่ผู้เรียนก็พยายามวาดโครงสร้างออกมาจนกระทั่งได้ภาพ 3 มิติ ที่โครงสร้างมาสามารถหมุนได้รอบทิศทาง และมุมระหว่างพันธะมีความถูกต้อง ทำให้พัฒนาความคิดของผู้เรียนเกี่ยวกับรูปร่างหรือโครงสร้างโมเลกุลได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้เมื่อวาดโครงสร้างเสร็จแล้ว ผู้เรียนยังเกิดความภาคภูมิใจและอยากลองวาดโครงสร้างสารอินทรีย์อื่น ๆ อีก ในช่วงท้ายของขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนได้ส่งภาพโครงสร้าง 3 มิติ ของกลุ่มตนเองลงในกลุ่ม Facebook ที่สร้างขึ้น เพื่อแบ่งปันข้อมูลให้เพื่อนกลุ่มอื่นได้เรียนรู้และศึกษาร่วมกันได้อีกด้วย

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

ขั้นสุดท้ายนี้ผลการสะท้อนผลพบว่าเมื่อผู้เรียนได้โจทย์ที่แตกต่างไปจากการวาดโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่เคยวาดมาแล้ว ผู้เรียนยังปรึกษาและร่วมกันแสดงความคิดเห็นก่อนวาดโครงสร้าง ทำให้ใช้เวลานาน รวมทั้งวาดโครงสร้างด้วยโปรแกรม Chemsketch ทำให้ไม่สามารถวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ได้ทันเวลา ผู้วิจัยจึงให้ผู้เรียนไปทำเป็นการบ้านแล้วส่งภาพโครงสร้าง 3 มิติ ของกลุ่มตนเองลงในกลุ่ม Facebook ที่สร้างขึ้น อย่างไรก็ตามจุดเด่นของขั้นตอนนี้คือการใช้โปรแกรม Chemsketch นอกจากผู้เรียนจะเห็นโครงสร้างสารอินทรีย์ในรูปแบบ 3 มิติแล้ว ผู้เรียนยังสามารถศึกษาและเรียนรู้การใช้โปรแกรมเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วยตนเองได้ โดยไม่มีข้อจำกัดในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะคาร์บอน พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่อธิบายการเกิดพันธะรอบอะตอมของคาร์บอนให้สมาชิกในกลุ่มหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียนฟังได้ อีกทั้งยังร่วมแสดงความคิดเห็น ตั้งคำถาม ตอบคำถาม ตลอดจนสามารถลงข้อสรุปเกี่ยวกับแนวคิดร่วมกันลงในใบกิจกรรมได้เป็นอย่างดี แต่ยังพบว่าในช่วงที่ต้องใช้โปรแกรม Chemsketch ในการวาดโครงสร้าง ผู้เรียนใช้เวลานาน เนื่องจากเป็นโปรแกรมใหม่ที่ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และฝึกฝน จึงทำให้ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ค่อนข้างนาน

ตาราง 4 การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1

| การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | ปัญหาที่พบ | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ขั้นสร้างแบบจำลอง | ผู้วิจัยใช้คำถามไม่ชัดเจน คลุมเครือทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจในคำถาม เกิดความสงสัย และไม่สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ | ผู้วิจัยปรับปรุงคำถามให้ครอบคลุมและชัดเจนขึ้น และทวนคำถามว่าผู้เรียนเข้าใจอย่างไร เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน |
| ขั้นประเมินแบบจำลอง | ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทั่วไป แต่ไม่ได้คำนึงถึงความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล | ผู้วิจัยแนะนำวิธีการสืบค้นข้อมูลและการพิจารณาแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือให้กับผู้เรียน |
| ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง | ผู้เรียนใช้เวลาในการวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ด้วยโปรแกรม Chemsketch ค่อนข้างนาน | ผู้วิจัยให้ผู้เรียนไปฝึกฝนการใช้งานโปรแกรม Chemsketch นอกเวลาเรียนเพิ่มเติม |
| ขั้นขยายแบบจำลอง | เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ ทำให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานหรือเขียนใบกิจกรรมไม่ทันเวลาที่กำหนด | ให้ผู้เรียนส่งงานผ่านทางกลุ่ม Facebook ที่สร้างขึ้น และให้ผู้เรียนนำเสนองานในช่วงเวลาอื่นเพิ่มเติม |

จากตาราง 4 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ยังไม่ราบรื่นเท่าที่ควร เพราะผู้เรียนยังมีความกังวลไม่กล้าแสดงออกทางความคิด ผู้วิจัยจึงนำแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการนี้ไปปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

**วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์**

**1. ขั้นวางแผน (Plan)**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง** ผู้วิจัยปรับคำถามให้ครอบคลุมและชัดเจนขึ้น จากนั้นทวนคำถามกับผู้เรียนทุกครั้งว่า เข้าใจคำถามว่าอย่างไร ก่อนปฏิบัติกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและปฏิบัติได้ตรงกัน

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง** ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้อธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างแบบต่าง ๆ และให้ผู้เรียนฝึกฝนการวาดโครงสร้างลงในใบกิจกรรม

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง** ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนโครงสร้างแบบต่าง ๆ ในใบกิจกรรม พร้อมร่วมกันลงข้อสรุปเกี่ยวกับการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบ จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอหลักการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยผู้วิจัยสุ่มให้ผู้เรียน 4 กลุ่ม นำเสนอกลุ่มละ 1 รูปแบบไม่ซ้ำกัน แล้วอภิปรายลงข้อสรุปร่วมกันทั้งชั้นเรียน

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง** จากปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เกี่ยวกับการใช้เวลาในการวาดโครงสร้างนาน ส่งผลให้เวลาในการจัดกิจกรรมล่าช้าไป ผู้วิจัยจึงให้ผู้เรียนได้ไปฝึกฝนการใช้โปรแกรม Chemsketch นอกเวลาเรียนด้วยตนเอง และในกิจกรรมการเรียนรู้กำหนดให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มวาดโครงสร้างกลุ่มละ 1 โครงสร้าง ซึ่งเป็นโจทย์โครงสร้างที่แตกต่างกัน แล้วนำเสนอโครงสร้างที่วาดได้ให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ร่วมอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

ผู้วิจัยวางแผนเก็บข้อมูลในวันอังคารที่ 20 สิงหาคม พ.ศ.2562 จำนวน 2 ชั่วโมง และวันศุกร์ที่ 23 สิงหาคม พ.ศ.2562 จำนวน 1 ชั่วโมง ซึ่งก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อการสอน และให้ผู้เรียนเปิดโปรแกรม Chemsketch ให้พร้อมใช้งาน จากนั้นดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้

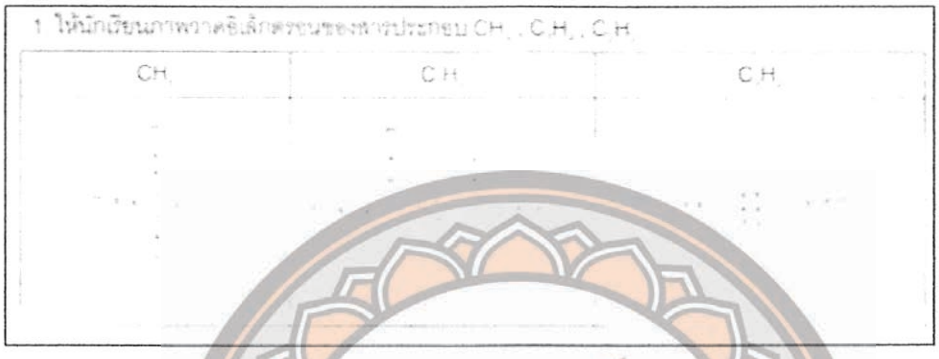
**2. ขั้นปฏิบัติ (Action)**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแต่ละขั้นตอน มีการปฏิบัติดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนดูวีดีทัศน์ความยาวประมาณ 2 นาที เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและการเกิดพันธะเคมี จากนั้นผู้วิจัยตั้งคำถามว่าผู้เรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง มีลักษณะอย่างไร ผู้เรียนให้คำตอบส่วนใหญ่คล้ายกัน เช่น อิเล็กตรอนมี

ลักษณะเป็นจุด และพันธะมีลักษณะเป็นเส้นขีด แต่มีผู้เรียนบางคนที่ยังเกิดข้อสงสัยแล้วสอบถามเพื่อนในกลุ่มว่าพิจารณาอย่างไร หลังจากที่ผู้เรียนร่วมกันตอบคำถามเรียบร้อย ผู้วิจัยให้สูตรโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น $CH_4$ , $C_2H_4$ และ $C_2H_2$ ลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อ 1 ดังภาพ 11 และวาดโครงสร้างลงในโปรแกรม Chemsketch ดังภาพ 12




ภาพ 11 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในกิจกรรมที่ 2 ข้อ 1

ภาพ 12 โครงสร้าง 3 มิติ จากโปรแกรม Chemsketch

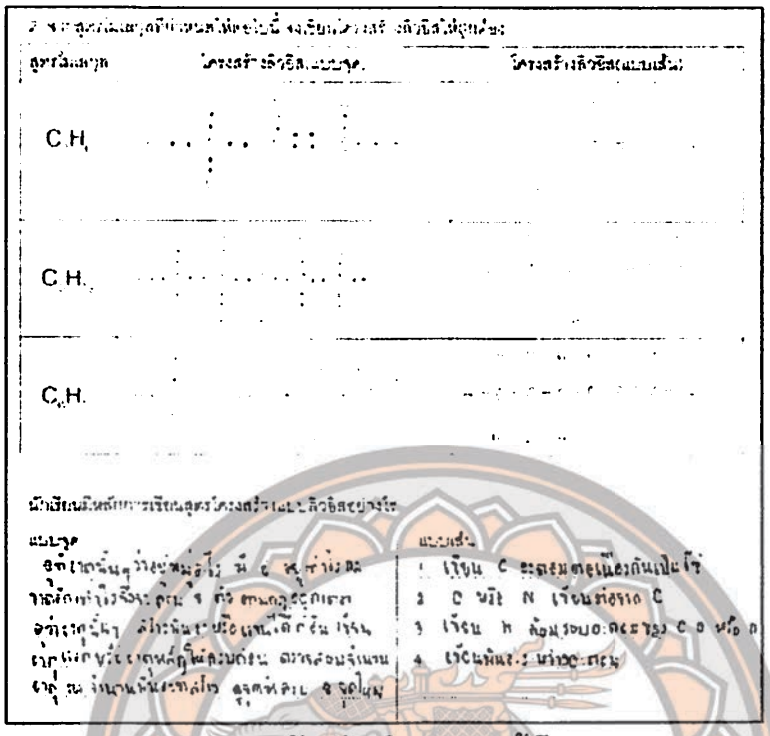
**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้ เมื่อผู้เรียนทุกคนวาดจนครบทุกโครงสร้าง ผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมโดยการอธิบายและยกตัวอย่างโครงสร้างแบบลิวอิสแบบจุดและแบบเส้น แบบย่อ แบบเส้นและมุม โดยใช้ power point เป็นสื่อในการแสดงวิธีการเขียนโครงสร้าง จากนั้นผู้วิจัยอธิบายโดยเขียนบนกระดานและอธิบายพร้อมยกตัวอย่างการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยเริ่มโครงสร้างลิวอิสแบบจุดก่อน

เพื่อเป็นพื้นฐานที่มาของโครงสร้างรูปแบบอื่น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามระหว่างการอธิบายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนด้วย จากการสังเกตพบว่าเมื่อผู้วิจัยอธิบายโครงสร้างผู้เรียนให้ความสนใจดีมาก และสามารถตอบคำถามได้ชัดเจน มีโครงสร้างแบบเส้นและมุมที่ผู้เรียนยังเกิดข้อสงสัยเพราะในโครงสร้างจะไม่แสดงอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนแต่ใช้การทำมุมแทนที่อะตอมคาร์บอน ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการเขียนตัว C ลงบนมุม ทุกมุมในโครงสร้างแบบเส้น เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจมากขึ้น และใช้คำถามว่าในแต่ละมุมจะต้องมีอะตอมไฮโดรเจนอีกเท่าไร ซึ่งผู้เรียนใช้ความรู้เรื่องพันธะคาร์บอนที่ C ต้องมี 4 พันธะรอบ ๆ อะตอม จึงทำให้มองเห็นภาพมากขึ้น เมื่อผู้เรียนเริ่มคุ้นเคยกับโครงสร้าง ผู้วิจัยจึงค่อย ๆ ลดการเขียน C ลง และยกตัวอย่างมากขึ้น พบว่าผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น

3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

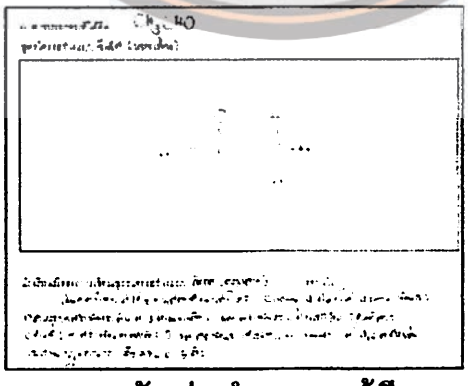
เมื่อผู้เรียนวาดโครงสร้างลงโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยสุ่มให้ผู้เรียน 4 กลุ่ม นำเสนอเกี่ยวกับหลักการวาดโครงสร้างลิวอิสแบบจุด ลิวอิสแบบเส้น แบบย่อ และแบบเส้นและมุม ซึ่งกลุ่มที่ผู้วิจัยสุ่มมาคือกลุ่ม 5 อธิบายหลักการวาดโครงสร้างลิวอิสแบบจุดว่า พิจารณาจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุ แล้วใช้หลักการพิจารณากฎออกเตต (Octet Rule) ให้อิเล็กตรอนรอบ ๆ อะตอมของธาตุครบแปด กลุ่มที่ 2 อธิบายหลักการวาดโครงสร้างลิวอิสแบบเส้นว่า อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอนสร้างเป็นพันธะเดี่ยว ใช้สัญลักษณ์ คือ (—) 4 อิเล็กตรอนสร้างเป็นพันธะคู่ ใช้สัญลักษณ์ คือ (=) และ 6 อิเล็กตรอนสร้างเป็นพันธะสาม ใช้สัญลักษณ์ คือ (≡) กลุ่ม 9 อธิบายหลักการวาดโครงสร้างแบบย่อว่า เขียนอะตอมของธาตุเรียงติดกันโดยไม่แสดงพันธะเดี่ยว ส่วนพันธะคู่และพันธะสามระหว่างอะตอมคาร์บอนด้วยกันยังคงแสดงเช่นเดิม กลุ่ม 7 อธิบายหลักการวาดโครงสร้างแบบเส้นและมุมว่า ใช้เส้นแสดงแทนพันธะ ใช้มุมแทนตำแหน่งคาร์บอน ส่วนธาตุอื่น เช่น O, N หรือ S ยังคงแสดงตามปกติ หลักการเขียนคือเขียนลักษณะซิกแซก เพื่อให้เห็นมุมชัดเจนขึ้น ในระหว่างที่นำเสนอผู้วิจัยและเพื่อนร่วมชั้นเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น พบว่าผู้เรียนบางกลุ่มมีการจดบันทึกข้อมูลตามที่เพื่อนนำเสนอและแสดงความคิดเห็นลงในใบกิจกรรมด้วย จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เรียนลองเขียนโครงสร้างแบบต่าง ๆ ในใบกิจกรรมที่ 2 ดังภาพ 13



ภาพ 13 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

**ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยต้องการให้ผู้เรียนเขียนโครงสร้างของสารประกอบที่มีอะตอมของธาตุอื่นเพิ่มเข้ามา โดยผู้วิจัยกำหนดโจทย์ให้แต่ละกลุ่มไม่ซ้ำกัน จำนวน 10 ข้อ กลุ่มละ 1 ข้อ คือ** $CH_2CH_3OH$ , $CH_3COOH$ , $CH_3OCH_2CH_3$ , $CH_3CHO$ , $CH_3COCH_3$ , $CH_3COONH_2$ , $CH_3COOCH_3$ , $CH_3CH_2CHO$ , $CH_3NHCH_3$ , $CH_3CH_2NH_2$ **โดยให้แต่ละกลุ่มวาดลงในโปรแกรม Chemsketch และเขียนหลักการในการวาดโครงสร้างลงในใบกิจกรรม ดังภาพ 14**



ภาพ 14 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน

**3. ขั้นสังเกต (Observe)**

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยสังเกตและตรวจสอบการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้ เมื่อให้ผู้เรียนได้วาดโครงสร้างสารอินทรีย์แบบลิวอิสลงในใบกิจกรรมพบว่าผู้เรียนใช้ความรู้เรื่องพันธะของคาร์บอนในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 และเมื่อให้วาดโครงสร้างลงในโปรแกรม Chemsketch ผู้เรียนส่วนใหญ่มีทักษะในการใช้แถบเมนูคำสั่งต่าง ๆ มากขึ้น โดยสังเกตจากเวลาในการทำกิจกรรมที่ผู้เรียนใช้เวลาน้อยลง และวาดได้โครงสร้างที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตามยังมีผู้เรียนบางส่วนที่ยังมีข้อสงสัย ผู้วิจัยจึงเดินดูรอบ ๆ ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้ช่วงเริ่มกิจกรรมผู้วิจัยอธิบายและยกตัวอย่างโครงสร้างแต่ละรูปแบบ ทีละรูปแบบ จากการสังเกตพบว่าเมื่อผู้วิจัยอธิบายโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ผู้เรียนให้ความสนใจดีมาก สังเกตจากคำถามที่ผู้วิจัยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการนับจำนวนอะตอมคาร์บอนที่เป็นโซ่หลัก ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ชัดเจน ทำให้การจัดกิจกรรมลื่นไหลได้ดี จากนั้นเมื่อให้ผู้เรียนได้ลองวาดโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ในใบกิจกรรมพบว่าผู้เรียนสามารถเขียนลำดับขั้นตอนการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบจนกระทั่งสรุปเป็นหลักการเขียนโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แต่มีผู้เรียนบางส่วนไม่แสดงความคิดเห็นและไม่ช่วยเพื่อนในกลุ่มทำใบกิจกรรม

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

จากการสังเกต ขั้นตอนนี้พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนแสดงโครงสร้างแต่ละรูปแบบได้ถูกต้อง ได้ยินบทสนทนาระหว่างผู้เรียนกลุ่มหนึ่ง เกี่ยวกับการเกิดพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนกับคาร์บอน และคาร์บอนกับไฮโดรเจน

"คาร์บอนมี 4 อิเล็กตรอนที่ใช้เกิดพันธะ แสดงว่าสามารถเกิดได้ 4 พันธะรอบ ๆ" (S8)

"ไฮโดรเจนมีอะตอมเดียว เกิดพันธะเดี่ยวได้พันธะเดียว ขีดเส้นเดียว" (S20)

"เวเลนซ์อิเล็กตรอนบอกหมู่ แสดงว่า N อยู่หมู่ 5 ก็ต้องการอีก 3 อิเล็กตรอนที่ใช้สร้างพันธะ ถ้าแบบนั้นรอบ ๆ อะตอมของ N ก็มีได้แค่สามพันธะ แล้วยังเหลืออิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอีก 1 คู่ ก็ครบตามกฎออกเตตแล้ว" (S1)

จากบทสนทนาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับการเกิดพันธะของแต่ละอะตอมมากขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนร่วมกันเขียนอธิบายหลักการเขียนโครงสร้างในใบกิจกรรม

ได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้จะใช้เวลาในการเขียนโครงสร้างค่อนข้างนาน เนื่องจากมีโครงสร้างหลายรูปแบบและเป็นการเขียนทั้งหมดทำให้ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการคิดค่อนข้างนาน

4. **ขั้นการขยายแบบจำลอง**

ขั้นตอนนี้พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการแสดงความคิดเห็นและลำดับความคิดเกี่ยวกับวิธีการเขียนโครงสร้างสารอินทรีย์ตามรูปแบบที่กลุ่มตนเองสนใจ สมาชิกบางกลุ่มช่วยกันอธิบายโดยใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่แสดงความคิดเห็นช่วยเพื่อนในกลุ่ม อย่างไรก็ตามบรรยากาศในการทำกิจกรรมผู้เรียนยังช่วยกันสามารถวาดโครงสร้างด้วยโปรแกรม Chemsketch ออกมาได้ถูกต้อง และสามารถร่วมกันเขียนสรุปวิธีการเขียนโครงสร้างลงในใบกิจกรรมที่ 2 ได้

**4. ขั้นสะท้อนผล** (Reflect)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้วิจัยประจำการทำการสังเกตการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและสังเกตว่าการจัดการเรียนรู้นั้นดีหรือไม่ ต้องปรับปรุงอย่างไร ซึ่งผลจากการสังเกตในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. **ขั้นสร้างแบบจำลอง**

การสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้พบว่า เมื่อผู้วิจัยใช้คำถามตรวจสอบความรู้เดิม เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียน นอกจากนี้การใช้สื่อที่เหมาะสมกับเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น สื่อการสอนเรื่องการเขียนโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์แต่ละรูปแบบ โดยใช้สีสันในการเขียนแสดงแทนอะตอมของธาตุและพันธะ ทำให้ผู้เรียนเห็นความชัดเจนในการเขียน จนกระทั่งนำไปสู่การสรุปแนวคิดได้

2. **ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้ ใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการเขียนโครงสร้างสารอินทรีย์รูปแบบต่าง ๆ ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเขียนโครงสร้างสารอินทรีย์เป็นอย่างดี และสามารถเขียนโครงสร้างได้ถูกต้อง นอกจากนี้ผู้เรียนยังร่วมกันสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการเขียนโครงสร้างสารอินทรีย์แต่ละรูปแบบด้วย แสดงให้เห็นถึงการที่จะให้ผู้เรียนสามารถเขียนโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ได้ จะต้องให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการเขียนโครงสร้างบ่อย ๆ หรือมีตัวอย่างที่หลากหลายให้ผู้เรียนได้เกิดการคิดเพื่อหาคำตอบ เมื่อผู้เรียนนำไปเขียนในโปรแกรม Chemsketch ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้การเขียนเป็นภาพ 3 มิติ ได้

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

การสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้เรียนใช้เวลาในการเขียนโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ค่อนข้างนาน เพราะโครงสร้างแต่ละแบบเขียนแตกต่างกัน จึงทำให้ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการคิดนาน ส่งผลให้ผู้เรียนบางกลุ่มไม่ได้นำเสนอในคาบเรียนตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมแสดงความคิดและเขียนโครงสร้างในใบกิจกรรม ทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และยังสามารถตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยการใช้คำถามหรือแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม และเพื่อนร่วมชั้นเรียนอีกด้วย

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้พบว่าการให้ผู้เรียนได้ใช้โปรแกรม Chemsketch ในการวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ที่มีอะตอมของธาตุอื่นเพิ่มเข้ามานอกเหนือจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแล้วทำให้ผู้เรียนเข้าใจในโครงสร้างได้ชัดเจนขึ้น และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับธาตุอื่นได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนมีทักษะในการใช้โปรแกรม Chemsketch มากขึ้นด้วย หากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบ โปรแกรม Chemsketch สามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากขึ้นด้วย

การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการนี้ พบว่า การดำเนินการจัดการเรียนรู้มีความลื่นไหลกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 เนื่องจากผู้เรียนใช้ความรู้จากเรื่องพันธะคาร์บอนมาประยุกต์ใช้ในการเขียนสูตรโครงสร้างสารอินทรีย์ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น และได้ฝึกฝนการใช้งานโปรแกรม Chemsketch มาล่วงหน้า อย่างไรก็ตามรูปแบบของการเขียนสูตรโครงสร้างที่มีจำนวนมาก ทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนอยู่บ้าง จึงต้องใช้เวลาในการฝึกฝนการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบ

ตาราง 5 การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2

| การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | ปัญหาที่พบ | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ขั้นสร้างแบบจำลอง | ผู้เรียนบางส่วนสังเกตภาพจากวีดีโอไม่ทัน ทำให้ตอบคำถามไม่ได้ | ผู้วิจัยเปิดวีดีโอซ้ำให้ผู้เรียนดูอีกครั้ง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ |
| ขั้นประเมินแบบจำลอง | การเขียนโครงสร้างสารอินทรีย์แต่ละรูปแบบแตกต่างกัน ทำให้ผู้เรียนบางส่วนยังสับสนและไม่เข้าใจจึงใช้เวลาในการเขียนโครงสร้างค่อนข้างนาน ส่งผลให้ผู้เรียนบางกลุ่มไม่ได้นำเสนองาน | ผู้วิจัยยกตัวอย่างเพิ่มเติม และเดินตรวจสอบพร้อมอธิบายเพิ่มเติมในกลุ่มที่ยังสงสัยและให้ผู้เรียนไปฝึกฝนการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบเพิ่มเติม จากนั้นให้ผู้เรียนนำเสนองานในช่วงเวลาอื่น |
| ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง | ผู้เรียนบางคนไม่กล้าแสดงออก ไม่แสดงความคิดเห็นหรือพูดคุยอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม | ผู้วิจัยมอบหมายให้ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่ม เป็นตัวแทนในการอธิบายการเขียนโครงสร้างคนละ 1 รูปแบบ และอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มฟัง |
| ขั้นขยายแบบจำลอง | เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่มีธาตุอื่นอยู่ในสูตรโมเลกุลด้วย ทำให้ผู้เรียนบางคนเกิดความสงสัย และไม่มั่นใจในการวาดโครงสร้างลงในโปรแกรม Chemsketch | ผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับธาตุอื่น พร้อมยกตัวอย่างประกอบ |

จากตาราง 5 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้เรียนมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยสังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันของ

ผู้เรียน มีการพูดคุย อธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟังด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย และร่วมกันเขียนสูตรโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนหลักการในการพิจารณาโครงสร้างลงในใบกิจกรรม แต่ยังพบผู้เรียนบางส่วนที่ไม่กล้าแสดงออกทางความคิด ผู้วิจัยจึงเดินตรวจสอบและกระตุ้นผู้เรียนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน จากนั้นผู้วิจัยนำแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการนี้ไปปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

**วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์**

**1. ขั้นวางแผน (Plan)**

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมคำถามในเกม kahoot จำนวน 10 ข้อ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นเกมในขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ได้แก่ กระดาษ ปากกา กาวสองหน้า เพื่อแจกให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยทำการปรับปรุงขั้นการสอน ดังนี้

1. **ขั้นสร้างแบบจำลอง** ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยใช้เกมจาก kahoot โดยตั้งคำถาม 10 ข้อ ให้ผู้เรียนร่วมกันเล่นเกมผ่านสื่อออนไลน์ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ซึ่งคำถามในแต่ละข้อจะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้เรียนตอบเป็นชื่อและให้ชื่อสารอินทรีย์มาและให้ผู้เรียนเลือกตอบเป็นโครงสร้าง เป็นการเพิ่มความท้าทายการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยกำหนดเวลาในการตอบเพียง 10 วินาที

2. **ขั้นการประเมินแบบจำลอง** ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยแบ่งให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชัน กลุ่มละ 1 หมู่ฟังก์ชัน จากนั้นนำเสนอและอภิปรายร่วมกัน

3. **ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง** ผู้วิจัยสร้างเกมโดยตั้งเป็นโจทย์โครงสร้างสารอินทรีย์จำนวน 6 ข้อ ติดไว้ที่บอร์ดหน้าชั้นเรียน ซึ่งจะเปิดทีละข้อ แล้วให้ผู้เรียนออกมาเขียนชื่อติดที่บอร์ด โดยในแต่ละข้อกำหนดเวลาในการตอบภายใน 30 วินาที กลุ่มใดออกมาเขียนชื่อสารได้เร็วและถูกต้อง กลุ่มนั้นได้รับคะแนนข้อละ 5 คะแนน

4. **ขั้นการขยายแบบจำลอง** กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนนี้กำหนดชื่อสารอินทรีย์ให้ผู้เรียนเขียนโครงสร้าง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน แล้วร่วมอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

ผู้วิจัยวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในนี้ในวันอังคารที่ 27 สิงหาคม พ.ศ.2562 ช่วงเวลา 10:20 – 12:10 น. ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมิน

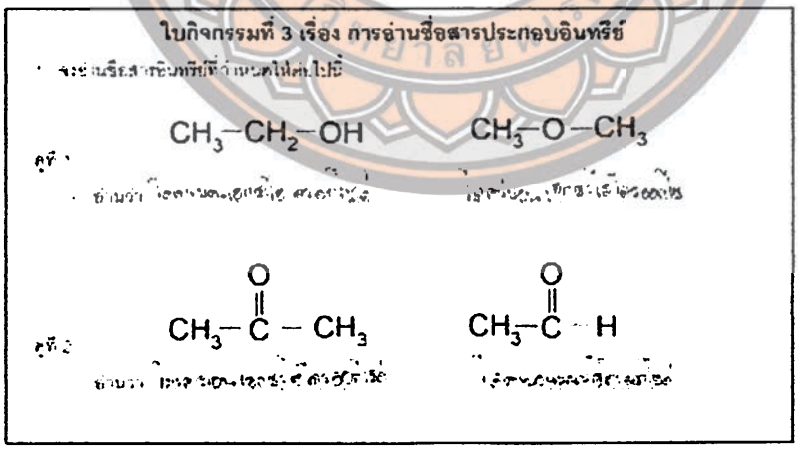
แบบจำลอง และขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ส่วนขั้นตอนที่ 4 คือ ขั้นขยายแบบจำลอง จัดกิจกรรมในวันศุกร์ที่ 30 สิงหาคม พ.ศ.2562 เวลา 11:15 – 12:10 น. จากนั้นดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้

**2. ขั้นปฏิบัติการ**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแต่ละขั้นตอน มีการปฏิบัติดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้เริ่มจากการเล่นเกม kahoot โดยให้ผู้เรียนใช้โทรศัพท์ส่วนตัวเป็นตัวแทนกลุ่มละ 1 เครื่อง ตั้งชื่อกลุ่มตามหมายเลขกลุ่มของตนเอง เมื่อทุกกลุ่มพร้อมแล้ว ผู้วิจัยแสดงคำถามบนจอโทรทัศน์ ซึ่งประกอบไปด้วยภาพโครงสร้าง 3 มิติ สูตรโครงสร้าง สูตรโมเลกุล ให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความรู้เดิมเรื่องการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ เมื่อเกมจบลงผลปรากฏว่ากลุ่มที่ 9 สามารถตอบคำถามได้ 8 ข้อ ซึ่งมีคะแนนสูงสุด และได้รับเสียงปรบมือจากเพื่อนร่วมชั้นเรียน จากนั้นผู้วิจัยตั้งคำถามว่าจากโจทย์ของเกม kahoot ถามเกี่ยวกับอะไรบ้าง ผู้เรียนส่วนใหญ่ตอบว่า ถามเกี่ยวกับสูตรโมเลกุล ชื่อของสาร เป็นต้น จากนั้นผู้วิจัยยังถามต่อไปอีกว่า แล้วสิ่งที่โจทย์ทำไมมีชื่อแตกต่างกัน ผู้เรียนตอบในลักษณะเดียวกัน คือเริ่มสังเกตจากอะตอมของธาตุที่แตกต่างกัน จำนวนอะตอมของธาตุที่มีจำนวนอะตอมไม่เท่ากัน การเกิดพันธะที่แตกต่างกัน จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เรียนลองอ่านชื่อจากโจทย์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อ 1 ดังภาพ 15




**ภาพ 15 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรม**

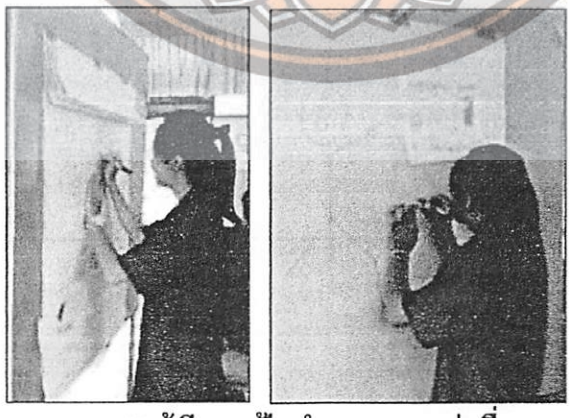
เมื่อผู้เรียนเขียนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยสุ่มถามผู้เรียนบางกลุ่มว่าอ่านชื่อได้อย่างไรบ้าง ผู้เรียนส่วนใหญ่อ่านตามจำนวนอะตอมของธาตุ ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างสารที่อยู่รอบตัวเรามีชื่อต่างกัน เนื่องจากมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลแตกต่างกัน

2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง

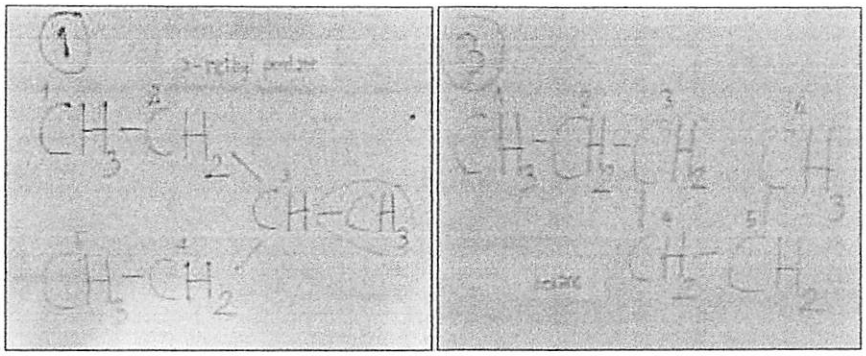
ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยให้ผู้เรียนสืบค้นการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชันกลุ่มละ 1 หมู่ฟังก์ชัน รวมทั้งหมด 10 หมู่ฟังก์ชัน ได้แก่ แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดอินทรีย์ เอสเทอร์ เอมีน และเอไมด์ เมื่อผู้เรียนสืบค้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอการอ่านชื่อสารอินทรีย์แต่ละหมู่ฟังก์ชันให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนฟัง จนครบทุกกลุ่ม จากนั้นผู้วิจัยได้อธิบายการอ่านชื่อสารอินทรีย์เพิ่มเติมพร้อมกับยกตัวอย่างการอ่านชื่อสารอินทรีย์แต่ละประเภท โดยใช้ power point ประกอบการบรรยาย และให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยกำหนดโจทย์เป็นเกมทั้งหมด 6 ข้อ โดยมีกติกาดังนี้ ผู้วิจัยแจกกระดาษเปล่าให้ผู้เรียนกลุ่มละ 6 ใบ เพื่อไว้เขียนคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยนำโจทย์คำถามติดไว้ที่บอร์ดหน้าชั้นเรียนและจะเปิดโจทย์ให้ทีละข้อ ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาโครงสร้างจากโจทย์ แล้วเขียนชื่อให้ถูกต้อง ภายในเวลา 30 วินาที จากนั้นนำกระดาษคำตอบไปติดบอร์ดที่หน้าชั้นเรียน กลุ่มใดเขียนคำตอบได้ถูกต้อง และนำกระดาษคำตอบไปติดบอร์ดได้รวดเร็วที่สุดจะได้คะแนนข้อละ 5 คะแนน หากข้อใดที่กลุ่มแรกไปติดกระดาษคำตอบแล้วยังไม่ถูกต้อง กลุ่มอื่นมีโอกาสในการแก้คำตอบและได้คะแนนไป กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ดังภาพ 16



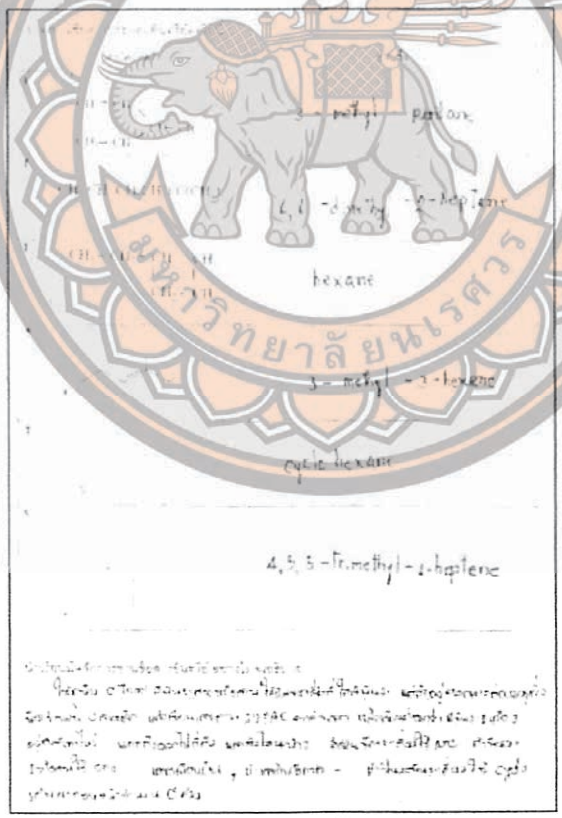
ภาพ 16 ผู้เรียนแก้ไขคำตอบของกลุ่มอื่น



ภาพ 17 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน

4. ขั้นการขยายแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยให้สถานการณ์ที่สลับกัน โดยให้ชื่อสารอินทรีย์ แล้วให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเขียนโครงสร้างรูปแบบใดก็ได้ จำนวน 7 ข้อ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 พร้อมเขียนหลักการพิจารณาโครงสร้างเป็นชื่อสารอินทรีย์ ดังภาพ 18




ภาพ 18 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรม

จากนั้นผู้วิจัยสุ่มตัวแทนกลุ่มนำเสนอ ขณะที่มีการนำเสนอผู้วิจัยให้เพื่อร่วมชั้นเรียนแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เรียนทุกคนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ จำนวน 3 ข้อ ให้เวลา 15 นาที ดังภาพ 19

**ภาพ 19 ตัวอย่างคำตอบแบบวัดแนวคิดเรื่องการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์**

3. ขั้นสังเกต (Observe)

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง

การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในขั้นตอนนี้ พบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างหรือชื่อสารอินทรีย์ในโจทย์คำถามจากเกม kahoot เพราะผู้เรียนสามารถตอบคำถามจากเกมได้ และผู้เรียนให้ความสนใจในกิจกรรม มีเสียงหัวเราะแทรกเข้ามาตลอดช่วงเวลาที่เล่นเกม เนื่องด้วยเป็นเกมที่มีเวลาเป็นตัวกำหนดทำให้ผู้เรียนลุ้นที่จะพบกับคำถามในข้อถัดไป และเกิดความท้าทายในการเรียนรู้ นอกจากนี้ในระหว่างที่ทำกิจกรรมพบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและให้ความสนใจร่วมกิจกรรมดีมาก มีผู้เรียนกล่าวว่าจะได้ทดสอบความรู้พื้นฐานของตนเองไปด้วยว่าที่เรียนผ่านมาตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตนเองมีพื้นฐานของชื่อสารประกอบเป็นอย่างไร ในระหว่างคำถามแต่ละข้อผู้เรียนได้พูดคุยและแสดงสีหน้ายิ้มแย้มเมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง

2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและหนังสือเรียน พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชันที่กลุ่มตนเองได้รับมอบหมายและแสดงความคิดเห็นจนกระทั่งลงข้อสรุปร่วมกัน และมีบางกลุ่มที่จัดตัวแทนไว้เพื่อการนำเสนอ มีการฝึกซ้อมการอธิบาย เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนฟัง

3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

ในช่วงแรกของขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องแก้ไขชื่อจากขั้นตอนที่ 1 ให้ถูกต้อง พบว่าผู้เรียนได้ฟังการนำเสนอของกลุ่มเพื่อนแล้วสามารถนำความรู้ไปแก้ไขชื่อสารอินทรีย์ในขั้นตอนที่ 1 ได้ถูกต้อง จากนั้นเล่นเกมการอ่านชื่อสารอินทรีย์ เมื่อผู้วิจัยแจกกระดาษคำตอบแล้วพบว่าผู้เรียนเกิดความตื่นเต้น รอตอบคำถามด้วยความตั้งใจ เมื่อเริ่มเล่นเกมข้อแรกพบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ตนเองร่วมกันคิด และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม แล้วตอบคำถามออกมาได้ เมื่อเกมจบลงผู้เรียนทุกคนร่วมแสดงความยินดีกับเพื่อนกลุ่มอื่นที่มีคะแนนสูงสุด ด้วยการปรบมือ

4. ขั้นการขยายแบบจำลอง

ขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการนี้ เมื่อผู้วิจัยให้สถานการณ์ใหม่คือให้ชื่อสารอินทรีย์ แล้วให้ผู้เรียนตอบโดยการเขียนเป็นโครงสร้าง พบว่าผู้เรียนสามารถเขียนลำดับความคิดและหลักการพิจารณาว่าควรพิจารณาส่วนใดของชื่อสารก่อน จากนั้นนำมาสรุปร่วมกันเป็นหลักการได้อย่างถูกต้อง

**4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)**

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

การใช้เกมที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเล่นเกมทุกคนทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นสนใจที่จะเรียนมากขึ้น ในขณะที่เล่นเกมผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อเพื่อนในกลุ่ม ใช้ภาษาสื่อสารที่เข้าใจง่าย ส่งเสริมบรรยากาศในการเรียนรู้อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สื่อประกอบการบรรยายที่เหมาะสม เน้นความแตกต่างให้ผู้เรียนเห็นชัดเจนโดยใช้สีมาประกอบกับการอธิบายเพิ่มเติมของผู้วิจัยส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ พบว่า เมื่อผู้วิจัยใช้สื่อ power point ที่แสดงการนับตำแหน่งของคาร์บอนบนโซ่หลักร่วมกับหลักการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์แต่ละประเภท พร้อมยกตัวอย่างที่หลากหลาย ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย ส่งเสริมการเรียนรู้ได้ดี

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนมีความสุขในการเล่นเกมที่ได้ทั้งความรู้ควบคู่กับความสนุกสนาน เช่น ได้ร่วมกันคิดคำตอบและบางกลุ่มมีการแก้ไขคำตอบได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างสารอินทรีย์ตลอดจนทำให้สามารถอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ได้ถูกต้อง ผู้เรียนได้ทำงานเป็นทีม สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน กิจกรรมลักษณะนี้ทำให้ผู้เรียนกล้าที่จะแสดงความคิดออกมามากขึ้น

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจมากขึ้น เมื่อได้รับสถานการณ์หรือโจทย์ที่แตกต่างกัน ผู้เรียนได้ร่วมกันนำความรู้ที่ได้รับมาอภิปรายกันภายในกลุ่ม จนกระทั่งสามารถตอบคำถามหรือนำเสนอได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้การให้ตัวแทนของแต่ละกลุ่มออกไปเขียนคำตอบหน้าชั้นเรียนเป็นการส่งเสริมพัฒนาการทางความคิด กล้าแสดงออกทางความคิดและมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนได้

ตาราง 6 การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3

| การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | ปัญหาที่พบ | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ขั้นสร้างแบบจำลอง | ขั้นการสร้างแบบจำลอง โดยใช้เกม kahoot มีผู้เรียนบางส่วนที่ไม่ได้เล่นเกม จึงไม่สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาได้ | ผู้วิจัยกิจกรรมที่ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน |
| ขั้นประเมินแบบจำลอง | ผู้เรียนยังไม่เข้าใจประเภทของสารอินทรีย์ จึงทำให้การสืบค้นข้อมูลเกิดความล่าช้า | ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนพิจารณาหมู่ฟังก์ชันก่อน จากนั้นอ่านชื่อตามจำนวนคาร์บอน และแนะนำวิธีการสืบค้นให้กับผู้เรียน |
| ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง | ผู้เรียนอ่านชื่อสารอินทรีย์ได้ แต่มักลืมจำนวน di- , tri- ของหมู่แอลคิลที่มีมากกว่า 1 หมู่ และผู้เรียนอ่านจำนวนคาร์บอนสลับกัน เช่น Hex- กับ Hept- | ผู้วิจัยแนะนำให้ผู้เรียนวงกลมหรือขีดเส้นใต้ตำแหน่งที่อ่านชื่อไปแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ |
| ขั้นขยายแบบจำลอง | เมื่อผู้เรียนได้รับโจทย์ที่เป็นชื่อสารอินทรีย์ แล้วให้เขียนโครงสร้าง ผู้เรียนไม่รู้จะเริ่มจากตรงส่วนใดก่อน จึงทำให้เกิดความล่าช้า และไม่ได้นำเสนอในช่วงท้ายคาบเรียน | ผู้วิจัยอธิบายและแนะนำเพิ่มเติมโดยให้พิจารณาจากจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโซ่หลักและหมู่ฟังก์ชันก่อน จากนั้นพิจารณาตำแหน่งที่มีหมู่แอลคิลมาเกาะ |

จากตาราง 6 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้เรียนมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยสังเกตจากการเล่นเกมที่สมาชิกในกลุ่ม

ร่วมกันคิดตำตอบ และร่วมกันเขียนชื่อของสารอินทรีย์ มีทั้งเขียนผิด เขียนถูก ทำให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายหาข้อสรุปร่วมกัน จากนั้นผู้วิจัยนำแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการนี้ไปปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ต่อไป

**วงจรปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ไอโซเมอริซึม**

**1. ขั้นวางแผน (Plan)**

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเตรียมอุปกรณ์ในการสอน เช่น บัตรภาพ กระดาษ และดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ตามการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยทำการปรับปรุงขั้นการสอน ดังนี้

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง** ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยบัตรภาพตัวอักษร C แสดงแทนธาตุคาร์บอนและเส้นเดี่ยว แจกให้ทุกกลุ่มร่วมกันวางโครงสร้างที่เป็นได้จากสิ่งที่ผู้วิจัยกำหนดให้ เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการแสดงออกทางความคิด โดยใช้ความรู้พื้นฐานจากเรื่องพันธะคาร์บอนในการสร้างโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่กำหนดให้

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง** กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโครงสร้างให้เพื่อนในชั้นเรียนฟัง จากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามว่าโครงสร้างของแต่ละกลุ่มมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วให้ผู้เรียนร่วมกันตอบคำถาม

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง** เมื่อผู้เรียนรู้ร่วมกันสรุปแนวคิดเกี่ยวกับไอโซเมอริซึมแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เรียนใช้โปรแกรม Chemsketch ในการสร้างโครงสร้างของสารอินทรีย์

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง** ขั้นตอนสุดท้ายในกิจกรรมการเรียนรู้ได้กำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับไอโซเมอริซึมของอะลิฟาติกและอะลิไซคลิกไฮโดรคาร์บอน

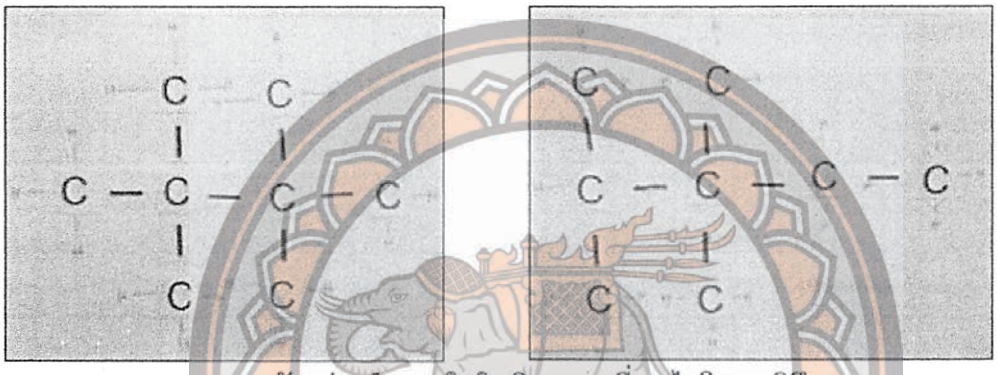
ผู้วิจัยวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวันอังคารที่ 3 กันยายน พ.ศ.2562 ช่วงเวลา 10:20 – 12:10 น. ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง และขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ส่วนขั้นตอนที่ 4 คือ ขั้นขยายแบบจำลอง จัดกิจกรรมในวันศุกร์ที่ 6 กันยายน พ.ศ.2562 เวลา 11:15 – 12:10 น. รวมถึงให้ผู้เรียนเปิดโปรแกรม Chemsketch และผู้วิจัยเดินตรวจสอบโปรแกรมของแต่ละกลุ่มให้พร้อมใช้งาน จากนั้นดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้

2. ขั้นปฏิบัติการ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแต่ละขั้นตอน มีการปฏิบัติดังนี้

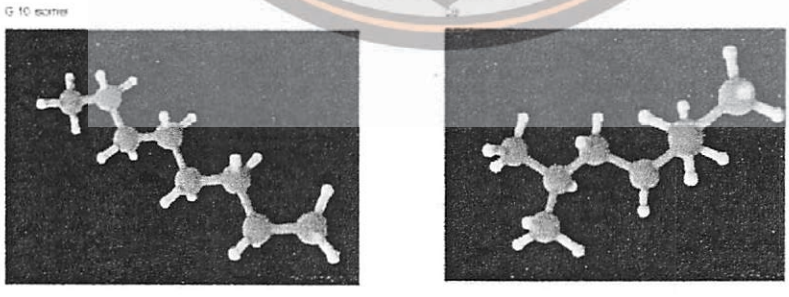
1. ขั้นสร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยเริ่มกิจกรรมโดยการแจกบัตรที่แสดงแทนอะตอมคาร์บอน (C) จำนวน 8 ใบ พร้อมกับเส้นเดี่ยวใช้แสดงแทนพันธะเดี่ยวจำนวน 7 ใบ และกระดาษ A4 จำนวน 1 แผ่น แล้วกำหนดโจทย์โดยให้ผู้เรียนวางบัตร C และเส้นเดี่ยวเป็นโครงสร้างแบบใดก็ได้แต่ให้ใช้บัตรและเส้นเดี่ยวให้หมด ไม่ให้เหลือ เมื่อวางเสร็จเรียบร้อยแล้วให้วาดอะตอมของ H ลงไปในโครงสร้างให้ครบถ้วนและถูกต้อง ดังภาพ 20



ภาพ 20 ตัวอย่างคำตอบในใบกิจกรรมเรื่อง ไอโซเมอริซึม

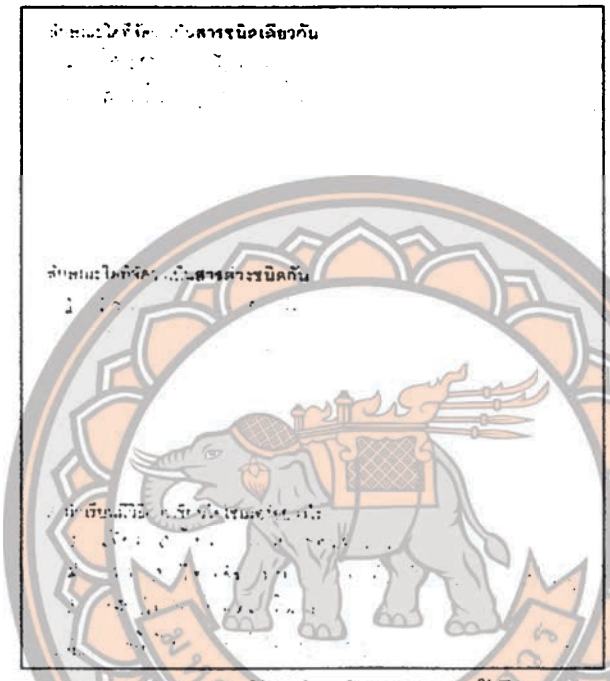
เมื่อผู้เรียนทุกกลุ่มวางโครงสร้างเรียบร้อย ผู้วิจัยสุ่มถามผู้เรียนบางกลุ่ม แล้วเขียนแสดงเปรียบเทียบโครงสร้างบนกระดานทีละ 2 กลุ่ม แล้วตั้งคำถามว่า โครงสร้างเหมือนกันหรือไม่อย่างไร จากนั้นผู้วิจัยให้โจทย์เป็นสูตรโมเลกุล $C_6H_{18}$ ให้ผู้เรียนวาดลงในโปรแกรม Chemsketch กลุ่มละ 1 โครงสร้าง ดังภาพ 21



ภาพ 21 แสดงตัวอย่างภาพจากโปรแกรม Chemsketch

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

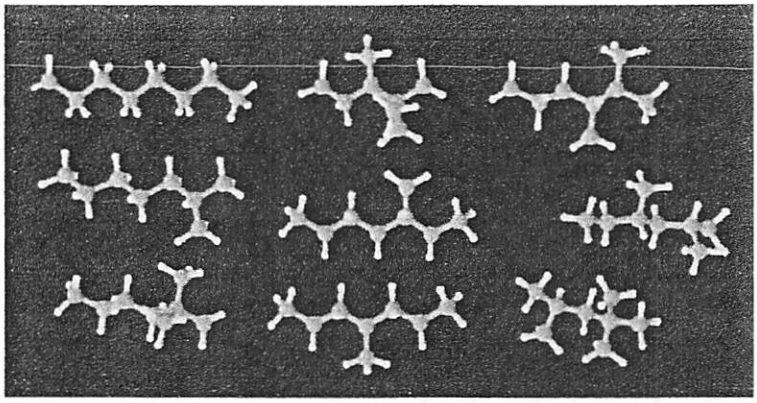
เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มวาดโครงสร้างของ $C_8H_{18}$ เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยสุ่มถามผู้เรียน 2 กลุ่ม พร้อมกับวาดโครงสร้างบนกระดานแล้วใช้คำถามว่าทั้งสองกลุ่มเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ ผู้เรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไรให้เขียนลงในใบกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับไอโซเมอริซึม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น ดังภาพ 22



**ภาพ 22 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน**

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

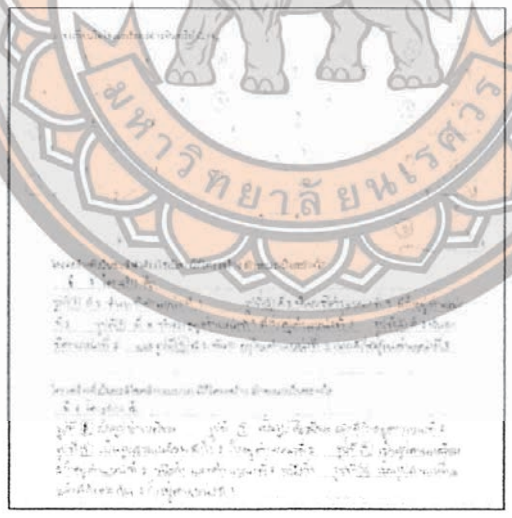
ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยยังใช้โจทย์เดิม คือ $C_8H_{18}$ ให้ผู้เรียนวาดโครงสร้างเพิ่มลงในโปรแกรม Chemsketch โดยห้ามซ้ำกับโครงสร้างที่กลุ่มตนเองวาดไว้ในขั้นตอนที่ 2 และให้วาดโครงสร้างให้ได้มากที่สุด จากนั้นผู้วิจัยสอบถามว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มวาดได้มากที่สุดกี่โครงสร้าง ยกตัวอย่างกลุ่มที่วาดโครงสร้างได้มากที่สุดมานำเสนอแล้วให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนแสดงความคิดเห็น อภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน ดังภาพ 23



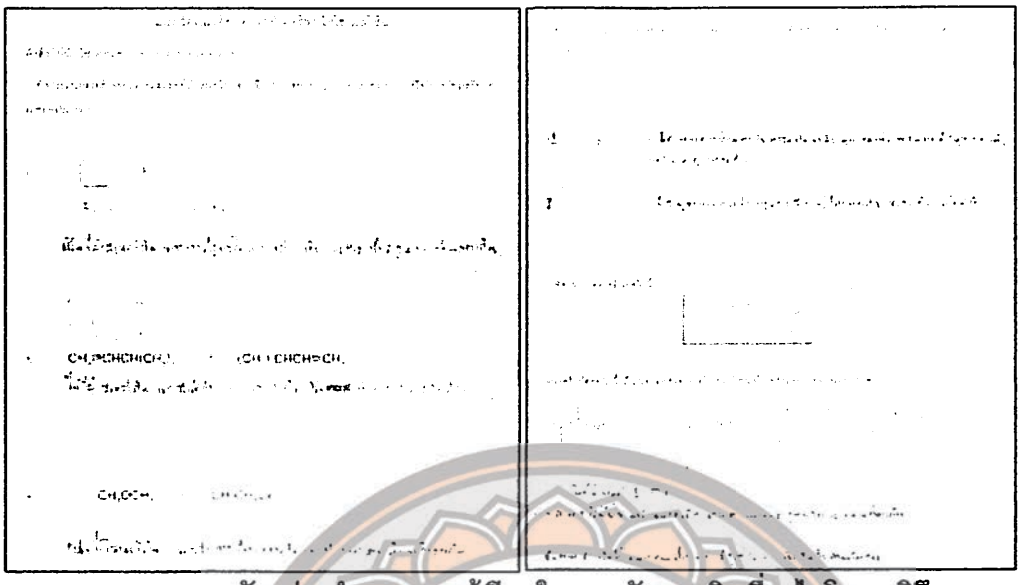
ภาพ 23 ตัวอย่างสารไอโซเมอร์ของ $C_8H_{18}$ จากโปรแกรม Chemsketch

4. ขั้นการขยายแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้สารอินทรีย์ที่มีพันธะคู่และพันธะสามเพิ่มเข้ามา แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาว่าสามารถเกิดไอโซเมอร์ที่มีลักษณะแตกต่างกันได้หรือไม่ เช่น โครงสร้างแบบอะลิฟาติกสามารถเป็นไอโซเมอร์กับโครงสร้างแบบอะลิไซคลิกได้หรือไม่ โดยให้วาดโครงสร้างของ $C_5H_{10}$ ให้ได้มากที่สุด ดังภาพ 24 จากนั้นช่วงท้ายคาบเรียนผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องไอโซเมอริซึม จำนวน 3 ข้อ ดังภาพ 25



ภาพ 24 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรม



**ภาพ 25 แสดงตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องไอโซเมอริซึม**

3. ขั้นสังเกต (Observe)

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ขณะที่ผู้เรียนกำลังช่วยกันคิด พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่วางโครงสร้างที่มีลักษณะคล้าย ๆ กัน อย่างไรก็ตามพบว่าบางกลุ่มที่วางโครงสร้างแตกต่างออกไป พร้อมกับได้ยินบทสนทนาของผู้เรียนภายในกลุ่มเกี่ยวกับพันธะของคาร์บอนที่รอบ ๆ อะตอมคาร์บอนจะมีเพียง 8 อิเล็กตรอนหรือ 4 พันธะเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถนำความรู้เรื่องพันธะคาร์บอนมาใช้ในการวางโครงสร้าง นอกจากนี้ผู้เรียนได้ใช้โปรแกรม Chemsketch ในการวาดโครงสร้างจากสูตรโมเลกุล $C_8H_{18}$ 1 โครงสร้าง พบว่าผู้เรียนใช้โปรแกรมได้รวดเร็วขึ้น เนื่องจากมีทักษะในการใช้งานมาบ้างแล้ว จึงทำให้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด

2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบโครงสร้างของกลุ่มตนเอง กับกลุ่มเพื่อน พบว่าผู้เรียนเริ่มเห็นความแตกต่างของโครงสร้าง แต่มีผู้เรียนบางส่วนกังวลว่าโครงสร้างของตนเองจะไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงอธิบายเกี่ยวกับการเกิดไอโซเมอริซึมเพิ่มเติม และใช้คำถามนำไปสู่การพิจารณาโครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์กัน พบว่าผู้เรียนเริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างโครงสร้างที่กลุ่มตนเองวาดกับของกลุ่มเพื่อน ซึ่งเมื่อผู้วิจัยยกตัวอย่างแล้ว ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ชัดเจนเกี่ยวกับการพิจารณา

โครงสร้าง นอกจากนี้รูปโมเลกุล 3 มิติ จากโปรแกรม Chemsketch ยังช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจมากขึ้น เพราะเกิดการหมุนโครงสร้างและเห็นโครงสร้างได้ชัดเจนขึ้น

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนวาดโครงสร้างเพิ่มเติม แต่มีข้อกำหนดว่าต้องไม่ซ้ำกับโครงสร้างที่วาดไว้ในขั้นตอนที่ 1 พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้พูดคุยกันกับเพื่อนสมาชิกว่าจะเริ่มวาดจากอะไรก่อน มีผู้เรียนบางกลุ่มได้เริ่มที่การเขียนสูตรโมเลกุลของโครงสร้างแรกไว้ จากนั้นลองวางตำแหน่งอะตอมคาร์บอนให้แตกต่างจากโครงสร้างแรก แล้วค่อยเติมอะตอมไฮโดรเจน พบว่าผู้เรียนเริ่มเข้าใจหลักการเขียนไอโซเมอริซึม อีกทั้งยังสามารถหาวิธีการเขียนโครงสร้างได้เอง จากการปรึกษา และร่วมแสดงความคิดเห็นจากสมาชิกในกลุ่ม จนกระทั่งวาดโครงสร้างออกมาได้หลายโครงสร้าง ผู้วิจัยได้สุ่มถามกลุ่มที่สามารถเขียนโครงสร้างได้มากที่สุด ให้นำเสนอให้กลุ่มเพื่อนฟัง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จากนั้นให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนพิจารณาว่าเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ใช้การนับโซ่หลักมาเป็นข้อพิจารณาว่าเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่ โดยผู้เรียนให้เหตุผลว่าถ้าเป็นไอโซเมอร์กันจะต้องตำแหน่งของโซ่หลัก หรือกิ่งที่แตกต่างกัน แต่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน จากคำตอบนี้ทำให้ทราบว่าผู้เรียนสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้โครงสร้างที่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง ซึ่งผู้เรียนเริ่มสงสัยตั้งแต่ได้รับสูตรโมเลกุลไป โดยบางกลุ่มมีการวางอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้วพบว่าจำนวนพันธะรอบอะตอมคาร์บอนไม่ครบ มีผู้เรียนกลุ่มหนึ่งได้พูดถึงการเกิดพันธะคู่ และโครงสร้างแบบอะลิไซคลิก จากนั้นผู้เรียนเริ่มมีแนวทางในการเขียนโครงสร้าง ในขณะที่ผู้เรียนทุกกลุ่มเริ่มเขียนโครงสร้างมีผู้เรียนบางส่วนเกิดข้อสงสัยผู้วิจัยจึงแนะแนวทางในการวาดโครงสร้างเพิ่มเติม โดยให้ลองวาดโครงสร้างออกมาก่อนแล้วเขียนสูตรโมเลกุล จากนั้นพิจารณาว่าโครงสร้างที่วาดมีสูตรโมเลกุลเท่ากันหรือไม่ ซึ่งตามหลักการของการเขียนไอโซเมอร์คือต้องมีสูตรโมเลกุลเท่ากัน แต่เขียนสูตรโครงสร้างแตกต่างกัน จากนั้นผู้เรียนได้ทำการวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ออกมาและตรวจสอบโดยการนับจำนวนอะตอมของคาร์บอนทุกโครงสร้าง เมื่อพบว่ามีจำนวนสูตรโมเลกุลเท่ากันแต่มีกิ่งหรือโซ่หลักที่ไม่เหมือนกันจึงนับว่าเป็นสารไอโซเมอร์กัน

**4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)**

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

**ในขั้นตอนนี้พบว่าถึงแม้กิจกรรมการเรียนรู้เป็นการใช้บัตรคำ แต่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันจึงสามารถวางโครงสร้างได้ถูกต้อง แสดงว่ากิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติระดมความคิดร่วมกันตลอดจนสรุปความคิดรวบยอดออกมาได้ กิจกรรมนั้นก็สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนสามารถจดจำภาพและเกิดความรู้ที่คงทน**

**2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง**

**ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้พบว่า ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น โดยให้นำเสนอโครงสร้างให้เพื่อนฟัง จากนั้นจากผู้เชี่ยวชาญได้พบว่าผู้วิจัยควรมีใบกิจกรรมที่เป็นตัวอย่างการเปรียบเทียบสารแต่ละคู่ให้ผู้เรียนร่วมกันพิจารณาการเกิดไอโซเมอริซึม จากนั้นเขียนหลักการในพิจารณาและลงข้อสรุปร่วมกัน**

**3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

**ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญพบว่าขณะที่ผู้เรียนร่วมกันคิดวาดโครงสร้างสมาชิกในกลุ่มเกิดข้อสงสัยและปรึกษาหารือกันเกี่ยวกับวิธีการเขียนไอโซเมอร์ทำให้ผู้เรียนได้ข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในการวาดโครงสร้างได้ถูกต้องมากขึ้น**

**4. ขั้นการขยายแบบจำลอง**

**ผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าผู้วิจัยให้โจทย์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดเห็นที่หลากหลาย ทำให้เกิดข้ออภิปราย หรือคำถามที่นำไปสู่การคิด และร่วมกันคิดหาคำตอบจนกระทั่งแต่ละกลุ่มสามารถวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์กันได้จำนวนมาก อย่างไรก็ตามด้วยเนื้อหาเรื่องไอโซเมอริซึมเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจสำหรับผู้เรียนบางส่วน ผู้วิจัยควรมีแบบฝึกหัดเพิ่มเติมให้กับผู้เรียนได้ฝึกฝนบ่อย ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ และเมื่อปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มทำให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันโดยการอธิบาย หรือแสดงความคิดเห็น และเหตุผลอย่างถูกต้อง**

ตาราง 7 แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 4

| การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | ปัญหาที่พบ | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ขั้นสร้างแบบจำลอง | - | - |
| ขั้นประเมินแบบจำลอง | ผู้เรียนยังแยกความแตกต่างของสารชนิดเดียวกันกับต่างชนิดไม่ได้ | ผู้วิจัยยกตัวอย่างเพิ่มเติมและให้ผู้เรียนร่วมกันพิจารณาข้อแตกต่าง |
| ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง | ผู้เรียนร่วมกันวาดโครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์ด้วยโปรแกรม Chemsketch ได้ แต่ยังวาดไม่เป็นลำดับขั้น จึงทำให้วาดโครงสร้างสารไอโซเมอร์ได้ไม่ครบ | ผู้วิจัยให้โจทย์จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มวาดโครงสร้างไอโซเมอร์กลุ่มละ 1 โครงสร้าง โดยไม่ให้ซ้ำกัน และนำภาพโครงสร้างที่ได้ไปนำเสนอในกลุ่ม Facebook |
| ขั้นขยายแบบจำลอง | ผู้เรียนยังสับสนในโครงสร้างสารอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์กันระหว่างอะลิฟาติกกับอะลิไซคลิก | ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้สูตรทั่วไป $C_nH_{2n}$, $C_nH_{2n+2}$, $C_nH_{2n-2}$ เป็นต้น พร้อมยกตัวอย่างประกอบ |

จากตาราง 7 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้เรียนมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยเมื่อเริ่มกิจกรรมผู้เรียนสามารถวางโครงสร้างสารอินทรีย์ได้ถูกต้องทุกกลุ่ม ซึ่งมีทั้งโครงสร้างที่เหมือนกัน และแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างบางกลุ่ม เพื่อให้เห็นความแตกต่าง และร่วมกันพิจารณาโครงสร้างไอโซเมอร์ และในขั้นตอนการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ผู้วิจัยได้เดินตรวจสอบและตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้สามารถวาดโครงสร้างสารไอโซเมอร์ออกมาให้ได้มากที่สุด จากนั้นผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันลงข้อสรุปเกี่ยวกับไอโซเมอริซึมและสารที่เป็นไอโซเมอร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนได้พัฒนาแนวคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น ตามลำดับวงจร ผู้วิจัยจึงสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละขั้นตอน ได้ดังตาราง 8

**ตาราง 8 แสดงสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

| การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | แนวทางการจัดการเรียนรู้ |
|---|---|
| 1. ขั้นสร้างแบบจำลอง | ปัญหา<br>- ผู้วิจัยใช้คำถามไม่ครอบคลุมและไม่ชัดเจน<br>- การเลือกใช้สื่อประกอบการสอนที่ไม่ครอบคลุมเนื้อหา<br>- ผู้เรียนบางคนไม่กล้าแสดงออกทางความคิด<br>แนวทางแก้ปัญหา<br>- ผู้วิจัยปรับคำถามให้ครอบคลุม ชัดเจนและทวนคำถามกับผู้เรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน<br>- ผู้วิจัยเลือกสื่อการสอนที่เฉพาะเจาะจงกับเนื้อหาและใช้สีสันเพื่อให้เกิดความแตกต่าง และเป็นสื่อการสอนที่ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย<br>- ผู้วิจัยกำหนดบทบาทให้สมาชิกทุกคนในกลุ่ม เน้นให้ปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน และให้มีการสับเปลี่ยนหน้าที่กันในแต่ละวงจรปฏิบัติการ |
| 2. ขั้นการประเมินแบบจำลอง | ปัญหา<br>- ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ยังไม่น่าเชื่อถือ<br>- ผู้เรียนเปรียบเทียบความเหมือนความแตกต่างของสารไอโซเมอร์ไม่ได้<br>แนวทางแก้ปัญหา<br>- ผู้วิจัยแนะนำวิธีการสืบค้นข้อมูลและการเลือกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้<br>- ผู้วิจัยยกตัวอย่างสารไอโซเมอร์และอธิบายเพิ่มเติม พร้อมทั้งเดินตรวจสอบกลุ่มที่ยังมีข้อสงสัย |

**ตาราง 8 (ต่อ) แสดงสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

| การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | แนวทางการจัดการเรียนรู้ |
|---|---|
| 3. ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง | **ปัญหา**<br>- ผู้เรียนใช้เวลาในการวาดโครงสร้างจากโปรแกรม Chemsketch ค่อนข้างนาน ทำให้การจัดการเรียนรู้ช่วงการนำเสนองานต้องเลื่อนออกไป<br>**แนวทางแก้ปัญหา**<br>- ในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยให้คำแนะนำการใช้โปรแกรม Chemsketch และเน้นย้ำให้ผู้เรียนฝึกฝนเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน<br>- ผู้วิจัยให้ผู้เรียนนำเสนองานผ่านทางสื่อออนไลน์หรือนอกเวลาเรียน |
| 4. ขั้นการขยายแบบจำลอง | **ปัญหา**<br>- เมื่อผู้เรียนพบกับสถานการณ์ใหม่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้เรียนใช้เวลาในการทำความเข้าใจค่อนข้างนาน<br>**แนวทางแก้ปัญหา**<br>- ผู้วิจัยยกตัวอย่างและอธิบายเพิ่มเติม และช่วยแนะนำผู้เรียนให้เรียงลำดับความคิดเป็นขั้นตอน เพื่อใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ |

จากตาราง 8 พบว่า การประยุกต์ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแต่ละแผน ผู้วิจัยยังได้เรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1) การตรวจสอบความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานที่ใช้ในเรื่องที่จะเรียนของผู้เรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยควรทำการตรวจสอบความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานที่ใช้ในเรื่องที่จะเรียนของผู้เรียนก่อน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดกิจกรรมการเรียน การสอน

ของผู้วิจัย ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนในขั้นสร้างแบบจำลอง โดยใช้วิธีการถามคำถาม การทำใบกิจกรรม

2) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานควรเน้นการใช้คำถามถามผู้เรียนเพื่อกระตุ้นการสร้างและพัฒนาแบบจำลอง ผู้วิจัยผู้สอนควรใช้คำถามถามผู้เรียนเป็นระยะ ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดและอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน การถามคำถามยังทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้วิจัยกับผู้เรียนหรือผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อใช้อธิบายแบบจำลองของตนเองหรือของกลุ่ม ในขั้นประเมินแบบจำลองเป็นการกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับแบบจำลองสร้างขึ้นมา หรือใช้อธิบายในสถานการณ์ใหม่ โดยผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลที่น่าเชื่อถือเป็นข้อมูลประกอบการประเมินแบบจำลองนั้นด้วย

3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน มีกิจกรรมที่หลากหลายให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้จัดให้ ผู้เรียนนั่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ทั้งหมด 10 กลุ่ม ซึ่งกิจกรรมโดยส่วนใหญ่จะให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และปฏิบัติร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งแต่ละกิจกรรมทำให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน และสนใจที่จะเรียนรู้ ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มและกับผู้วิจัยผู้สอน ผู้เรียนจึงมีความมั่นใจและรู้สึกว่าปลอดภัยในการเรียน เมื่อได้ทำกิจกรรมร่วมกันกับเพื่อน เช่น การปรึกษาหารือ การแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันกับเพื่อนในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ส่งเสริมให้ผู้เรียนยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้นเพราะด้วยวัยและภาษาที่เข้าใจกัน

4) การใช้สื่อเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น และส่งเสริมให้มีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น จากการกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ใช้โปรแกรม Chemsketch เพื่อสร้างโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ในรูปร่างต่าง ๆ ซึ่งผู้เรียนเริ่มวาดโครงสร้างลิวอิสแบบจุด (แสดงแทนอิเล็กตรอน) เพื่อให้เห็นอิเล็กตรอนรอบ ๆ อะตอมของคาร์บอนว่าครบ 8 ตามกฎออกเตตหรือไม่ ซึ่งการวาดโครงสร้างจากเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถจับต้องได้ ผู้เรียนยังเกิดข้อสงสัย การเลือกใช้สื่อการสอนของผู้วิจัยจึงเป็นสิ่งสำคัญ ที่จะใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ จากการสังเกตการใช้งานโปรแกรม Chemsketch พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และมีโอกาสในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ในส่วนของโปรแกรมไม่มีข้อจำกัดด้านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนเรียนรู้นอกเวลาเพิ่มเติมได้

5) บทบาทของผู้วิจัยผู้สอน จากการวิจัยพบว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยมีหน้าที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนพบปัญหาหรือข้อสงสัย ผู้วิจัยจะช่วยแนะนำและคอยชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหานั้น อีกทั้งยังสร้างบรรยากาศการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้วิจัยกับผู้เรียนได้อีกด้วย ทำให้ผู้เรียนเกิดความวางไว้ใจ และกล้าที่จะซักถามหรือตอบคำถามมากขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนบทบาทของผู้วิจัยผู้สอนไปเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

สรุป แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ควรใช้การถามด้วยคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้อธิบายสิ่งที่คิด นอกจากนี้ยังเป็นการตรวจสอบความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานของผู้เรียน และให้ผู้เรียนได้แสดงออกแบบจำลองของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยเน้นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เป็นกลุ่มหรือทีม เพื่อส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้วิจัย และให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกสบายใจ มีความมั่นใจ กล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น นอกจากนี้การเลือกใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา หรือใช้ร่วมกับโปรแกรม Chemsketch ควรมีการสอนการใช้งานโปรแกรมก่อนจัดการเรียนรู้และให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมนอกเวลาได้ ดังนั้นผู้วิจัยมีหน้าที่ในการให้คำแนะนำ ช่วยเหลือหากผู้เรียนเกิดข้อสงสัยผู้วิจัยควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรึกษานอกเวลาเรียนได้

**คำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร**

การพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ประกอบด้วยแนวคิดเรื่อง พันธะคาร์บอน การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ และไอโซเมอริซึม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้เรียนมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ตามลำดับวงจรปฏิบัติการ ดังตาราง 9

**ตาราง 9 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแนวคิด เรื่อง สารประกอบอินทรีย์**

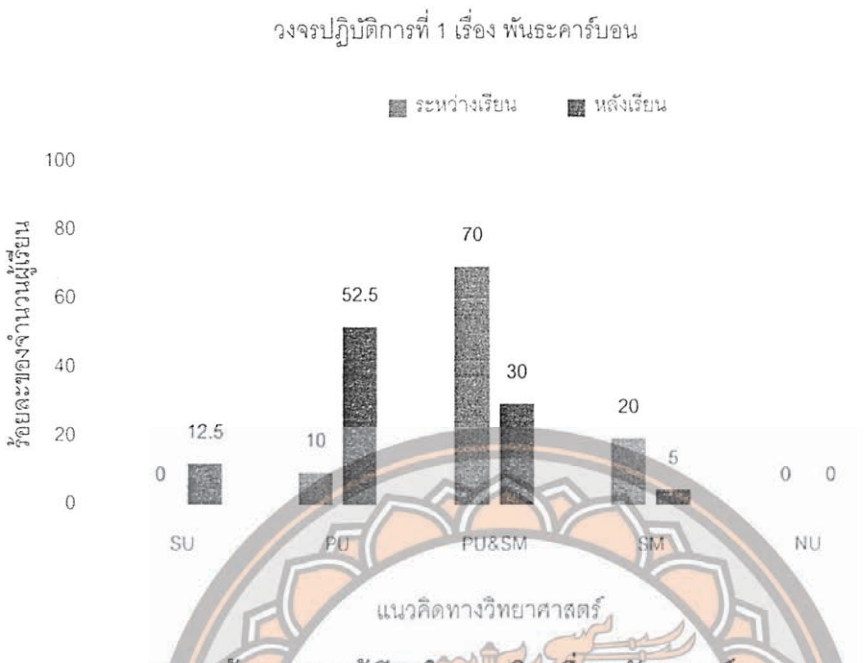
| แนวคิด /วงจรปฏิบัติการที่ | จำนวนผู้เรียน (N=40) (ร้อยละ) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SU | | PU | | PU&SM | | SM | | NU | |
| | ระหว่างเรียน | หลังเรียน | ระหว่างเรียน | หลังเรียน | ระหว่างเรียน | หลังเรียน | ระหว่างเรียน | หลังเรียน | ระหว่างเรียน | หลังเรียน |
| 1 พันธะคาร์บอน | 0 | 5 (12.5) | 4 (10) | 21 (52.5) | 28 (70) | 12 (30) | 8 (20) | 2 (5) | 0 | 0 |
| 2 การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทร์ | 0 | 2 (5) | 24 (60) | 15 (37.5) | 16 (40) | 9 (22.5) | 0 | 14 (35) | 0 | 0 |
| 3 การจำแนกชื่อสารประกอบอินทรีย์ | 0 | 0 | 4 (10) | 24 (60) | 28 (70) | 9 (22.5) | 8 (20) | 7 (17.5) | 0 | 0 |
| 4 ไอโซเมอริซึม | 0 | 0 | 40 (100) | 31 (77.5) | 0 | 1 (2.5) | 0 | 8 (20) | 0 | 0 |

หมายเหตุ : SU คือแนวคิดถูกต้อง, PU คือแนวคิดถูกต้องบางส่วน, PU&SM คือแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM คือแนวคิดคลาดเคลื่อน และ NU คือไม่เข้าใจแนวคิดหรือไม่มีแนวคิด

จากตาราง 9 แสดงร้อยละของจำนวนผู้เรียนในแนวคิดทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ เมื่อแยกพิจารณาแต่ละแนวคิดพบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดแตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**1) แนวคิดเรื่อง พันธะคาร์บอน**

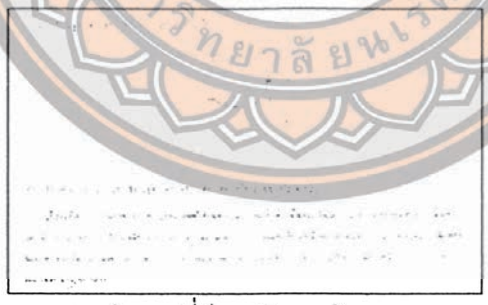
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง พันธะคาร์บอน (ภาพ 26) พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 52.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) เนื่องจากสามารถระบุได้ว่าโครงสร้างใดถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างพันธะคาร์บอน แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าผู้เรียนร้อยละ 30 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&SM) อย่างไรก็ตามพบว่าผู้เรียนร้อยละ 12.5 มีแนวคิดถูกต้อง (SU) สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างพันธะคาร์บอน



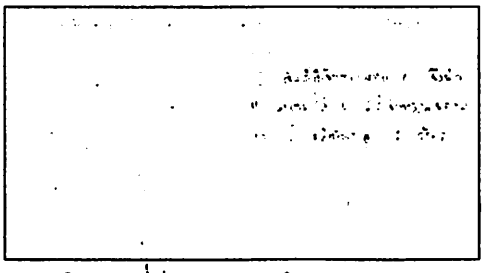

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

**ภาพ 26 ร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง พันธะคาร์บอน**

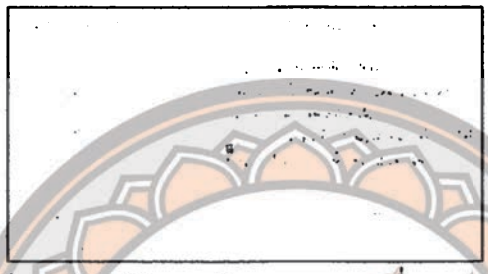
ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะคาร์บอน ดังภาพ 27



(ก) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้อง (SU)



(ข) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU)



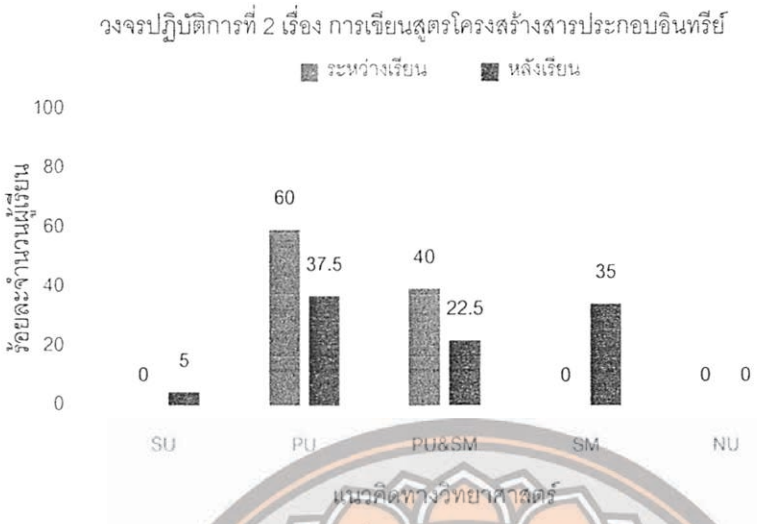
(ค) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)

(ง) คำตอบที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)

**ภาพ** 27 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง พันธะคาร์บอน

**2) แนวคิดเรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์**

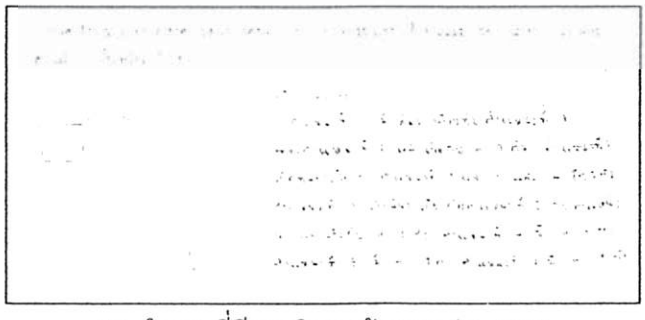
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ (ภาพ 28) พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 37.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและ (PU) ผู้เรียนร้อยละ 22.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&SM) อย่างไรก็ตามพบว่าผู้เรียนร้อยละ 5 มีแนวคิดถูกต้อง (SU) สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์



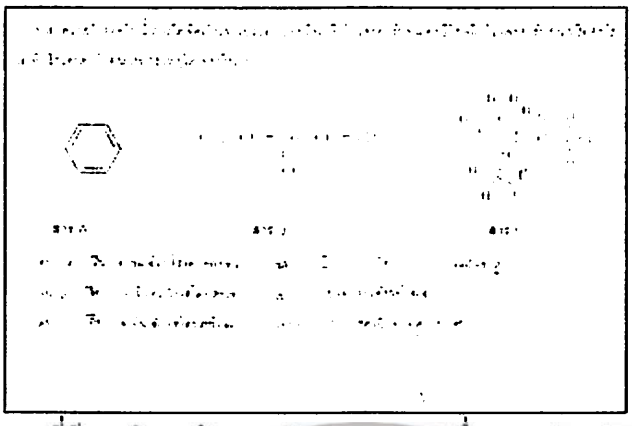

**ภาพ 28 ร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์**

ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ ดังภาพ 29

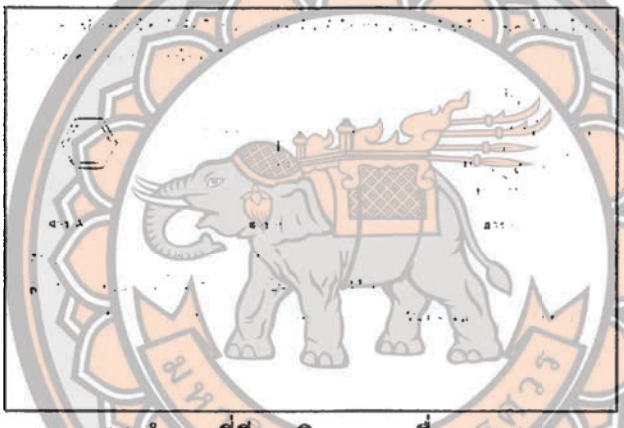
(ก) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้อง (SU)



(ข) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU)



(ค) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)



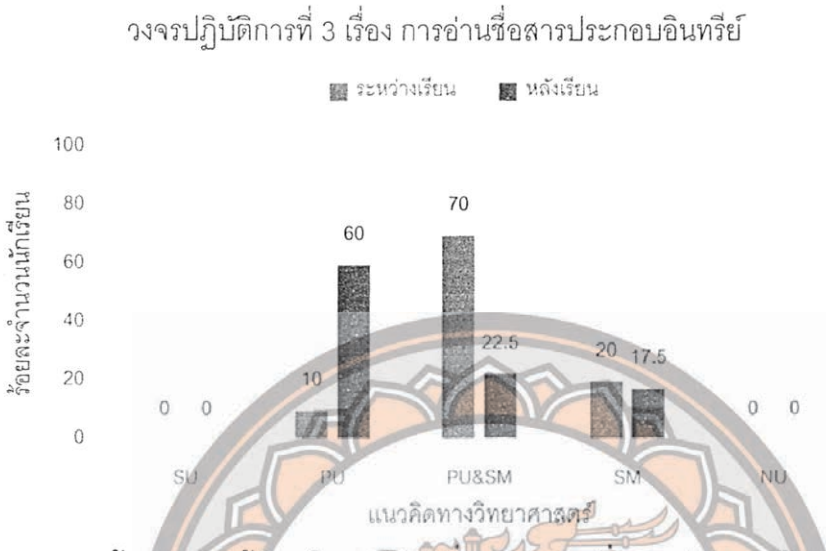
(ง) คำตอบที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)

**ภาพ 29 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง การเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์**

**3) แนวคิดเรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ (ภาพ 30) พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) โดยที่ผู้เรียนสามารถระบุตำแหน่งของคาร์บอนและโซ่หลักได้ แต่ยังอธิบายได้ไม่ครอบคลุม เช่น ผู้เรียนระบุตำแหน่งคาร์บอนโซ่หลักได้ว่านับจากทางซ้ายหรือทางขวาของโครงสร้าง แต่เขียนอธิบายว่าถ้าไม่มีพันธะ รองจากพันธะคือกิ่งของ C ที่ออกจากตำแหน่ง รองลงมา ผู้เรียนร้อยละ 22.5 มีแนวคิด

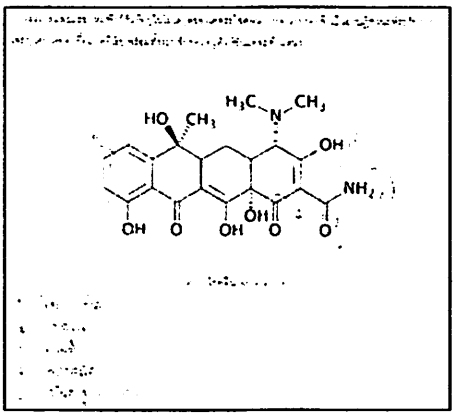
ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 17.5



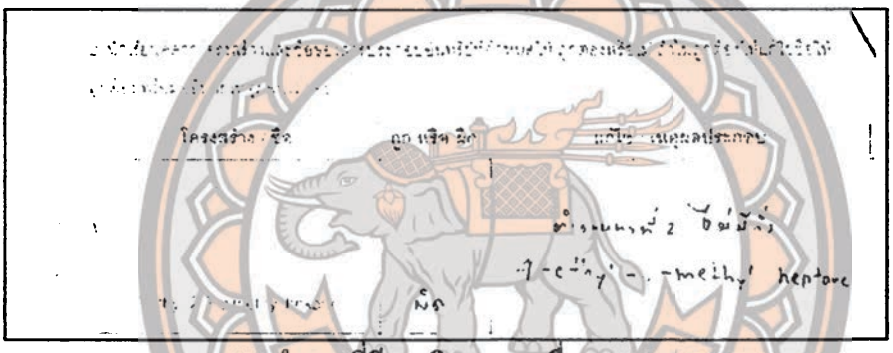

**ภาพ 30 ร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์**

ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ ดังภาพ 31

(ก) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU)



(ข) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)

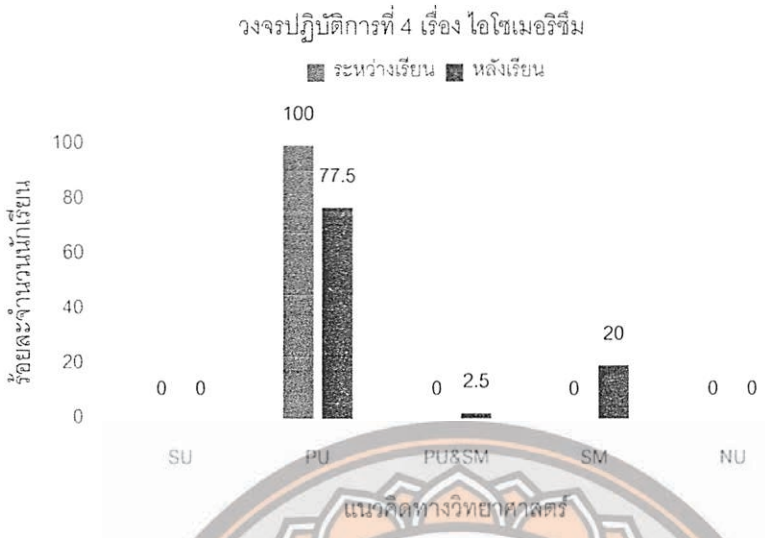


(ค) คำตอบที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)

**ภาพ 31 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์**

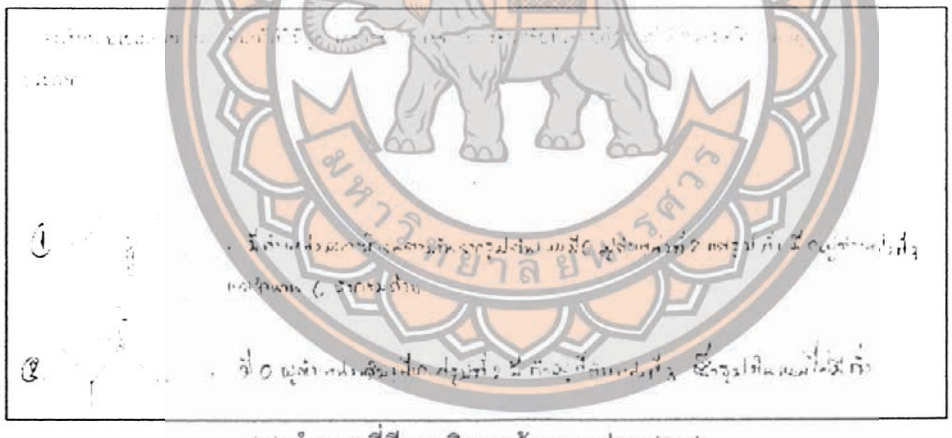
**4) แนวคิดเรื่อง ไอโซเมอริซึม**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง ไอโซเมอริซึม (ภาพ 32) พบว่าผู้เรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) มากที่สุด จำนวน 31 คน (ร้อยละ 77.5) โดยที่ผู้เรียนสามารถเขียนสารไอโซเมอร์ได้แต่ยังอธิบายไม่ครบถ้วน เช่น ผู้เรียนเขียนสารที่เป็นไอโซเมอร์ได้ โดยไม่ตรวจสอบสูตรโมเลกุลและไม่ใช้หลักการของไอโซเมอริซึม (สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่สูตรโครงสร้างต่างกัน) มาอธิบาย เพียงแต่นำลักษณะที่แตกต่างกันของโครงสร้างมาอธิบายแทน รองลงมา ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) จำนวน 8 คน (ร้อยละ 20) และผู้เรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) น้อยที่สุด จำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.5)

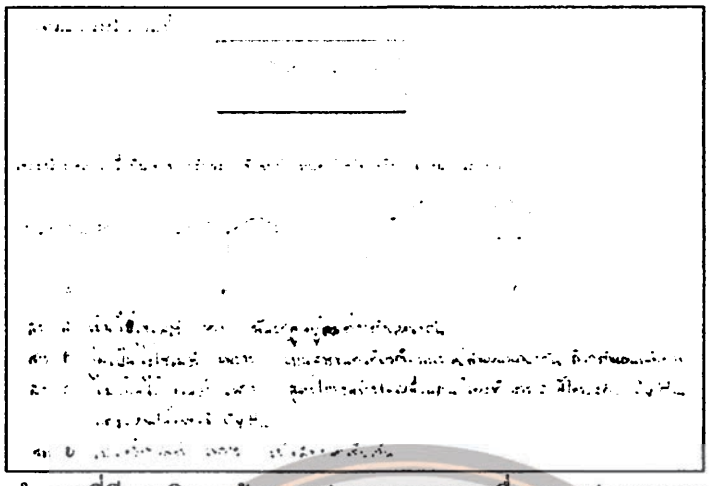



**ภาพ 32 ร้อยละของผู้เรียนในแนวคิด เรื่อง ไอโซเมอริซึม**

ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไอโซเมอริซึม ดังภาพ 33



(ก) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU)



(ข) คำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM)

(ค) คำตอบที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)

**ภาพ 33 ตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแนวคิดเรื่อง ไอโซเมอริซึม**

**โดยสรุป** ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ตามลำดับวงจรปฏิบัติการ ซึ่งในแนวคิดที่มีผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องมากที่สุด คือ เรื่องพันธะคาร์บอน รองลงมาคือ การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์ การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ และไอโซเมอริซึม ตามลำดับ

# บทที่ 5

# บทสรุป

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และ 2) เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้เข้าร่วมวิจัย 40 คน รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้วิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียน 3) แบบวัดแนวคิด จำนวน 12 ข้อ 4)ใบกิจกรรม ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อจัดแบ่งกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 แนวคิด ซึ่งแบ่งประเภทของแนวคิดตามรูปแบบของ Simpson and Marek (1994) ดังต่อไปนี้ 1) แนวคิดถูกต้อง (sound understanding: SU) 2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding: PU) 3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (partial understanding with a specific misconception: PU/SM) 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misconception: SM) และ 5) ไม่มีแนวคิด (not understanding: NU)

การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ ในระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม – 6 กันยายน 2562 มีดังนี้ 1) จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะคาร์บอน วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเขียนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ และวงจรปฏิบัติการที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ไอโซเมอริซึม เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง 2) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ 3) สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือวิจัย 4) นำข้อมูลมาสะท้อนผลเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป 5) หลัง

เสร็จสิ้น 4 วงจรปฏิบัติการ ทำการจัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 แนวคิด 6) วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยเพื่อตอบคำถามวิจัย

**สรุปผลการวิจัย**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สรุปผลการวิจัยตามคำถามวิจัย ดังนี้

1. **แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างแบบจำลอง 2) ขั้นประเมินแบบจำลอง 3) ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ 4) ขั้นขยายแบบจำลอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ก่อนที่จะเริ่มขั้นตอนนี้ผู้วิจัยผู้สอนควรสอนการใช้งานโปรแกรม Chemsketch ก่อนเริ่มทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อเริ่มกิจกรรมในขั้นนี้ควรชี้แจงรายละเอียดในการเรียนพร้อมทั้งบอกขอบข่ายของเวลาในแต่ละครั้ง หลังจากนั้นเมื่อเริ่มกิจกรรมผู้วิจัยผู้สอนควรกระตุ้นและเน้นวิธีการตั้งคำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและแสดงออกถึงความรู้เดิม ความรู้พื้นฐาน หรือประสบการณ์ที่ได้ศึกษามา ซึ่งใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม เน้นให้ผู้เรียนได้อธิบาย ตัวอย่างคำถามเช่น "อย่างไร" "เพราะอะไร" "ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น" เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเกม และสื่อประกอบการสอน เช่น บัตรคำ การใช้โปรแกรม Chemsketch การวาดโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมา ผู้วิจัยควรเลือกใช้สื่อประกอบการสอนที่มีความหลากหลายและคำนึงถึงความสามารถที่แตกต่างกันของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 ขั้นประเมินแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้จุดเด่นคือผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มโดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการพิจารณาแบบจำลองของตนเอง ในระหว่างที่ทำกิจกรรมผู้วิจัยควรเดินดูผู้เรียนรอบ ๆ ให้ทั่วถึง เพื่อคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนเกิดความสงสัย และควรซักถามผู้เรียนเป็นระยะ ๆ คอย

ตรวจสอบว่าแหล่งข้อมูลที่ผู้เรียนสืบค้นมานั้นเชื่อถือได้หรือไม่ จากนั้นผู้เรียนจะนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองของตนเองหรือของกลุ่มเพื่อน ขั้นตอนนี้จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกัน หากผู้เรียนยังมีข้อสงสัยผู้วิจัยควรยกตัวอย่างประกอบการอธิบายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น

1.3 ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เมื่อผู้เรียนผ่านขั้นตอนการประเมินแบบจำลองแล้ว ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อที่จะปรับปรุงหรือดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยผู้สอนได้ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Chemsketch ในการวาดโครงสร้างสารอินทรีย์ และยังสามารถทำเป็นภาพ 3 มิติ ที่เคลื่อนไหวได้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น ผู้เรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรม และมีสื่อการสอนที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนได้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ฝึกฝนการใช้งานโปรแกรมเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน เพราะไม่มีข้อจำกัดทางด้านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเลือกใช้สื่อการสอนที่ประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีผู้วิจัยควรสอนการใช้งานให้ผู้เรียนก่อนทำกิจกรรมและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญในการใช้งาน อีกทั้งยังช่วยกระชับเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้อีกด้วย

1.4 ขั้นขยายแบบจำลอง เมื่อผู้เรียนได้ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถอธิบายเนื้อหาหรือปรากฏการณ์ได้แล้ว ขั้นตอนสุดท้ายนี้ผู้วิจัยผู้สอนควรให้สถานการณ์ใหม่เพื่อให้ผู้เรียนใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่และควรเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวผู้เรียน เพราะซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น โดยสถานการณ์ใหม่นั้นควรให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกันหรือมีการนำเสนอผลงานของตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในตนเอง และกล้าแสดงออกมากขึ้น ผู้วิจัยควรให้กำลังใจหรือชื่นชมผู้เรียน และร่วมกันแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ ให้ผู้เรียนทุกคนมีกำลังใจในการเรียนรู้ นอกจากนี้หากผู้เรียนยังใช้แบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาให้ผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้ามาปรึกษานอกเวลาเรียนได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้ง 4 ขั้นตอน พบว่า สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ โดยขั้นตอนที่สำคัญที่สุดคือ ขั้นสร้างแบบจำลอง เพราะเป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยผู้สอนต้องเลือกใช้สื่อประกอบการสอนที่สามารถให้เกิดการเรียนรู้โดยแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาได้มากที่สุด พร้อมทั้งตั้งคำถามที่นำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองนั้น

นอกจากนี้บรรยากาศในการเรียนรู้ต้องให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน ผ่อนคลาย กล้าแสดงออก และมั่นใจในตนเอง หากผู้เรียนไม่กล้าแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาได้ จะทำให้การจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนต่อไปไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น เมื่อผู้เรียนเรียนต่อในเนื้อหาที่มีแนวคิดซับซ้อนขึ้น จะทำไม่สามารถอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นได้ และจะแก้ไขแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนได้ยาก ส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

2. **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร**

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนของแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลง ตามลำดับวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

**แนวคิดเรื่อง พันธะคาร์บอน**

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบร้อยละจำนวนผู้เรียนที่มีแนวคิดระหว่างเรียนกับหลังเรียน พบว่า หลังเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 52.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ซึ่งมีจำนวนร้อยละสูงกว่าระหว่างเรียน เพราะผู้เรียนสามารถระบุได้ว่าโครงสร้างใดเขียนพันธะของคาร์บอนได้ถูกต้อง โดยพิจารณาจากพันธะรอบอะตอมคาร์บอนที่มีได้สี่พันธะ ซึ่งจะเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามก็ได้ แต่ผู้เรียนยังอธิบายเหตุผลได้ไม่ครอบคลุม นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนร้อยละ 30 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&SM) ซึ่งมีแนวโน้มลดลง และยังพบว่าผู้เรียนร้อยละ 12.5 มีแนวคิดถูกต้อง (SU) เพราะผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างพันธะคาร์บอน และไม่พบจำนวนผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิด ดังนั้นเมื่อพิจารณาระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมจะพบว่ามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เมื่อหลังจากจบกิจกรรมการเรียนรู้แล้วผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดน้อยลง และมีแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น อาจกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้ผู้เรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำแนวคิดพื้นฐานเรื่องพันธะคาร์บอนนี้ไปเป็นพื้นฐานในการเรียนเนื้อหาอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

**แนวคิดเรื่อง การเขียนโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ มีทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ โครงสร้างแบบลิวอิส แบบย่อ แบบลิวอิสผสมย่อ แบบเส้นและมุม ร่วมกับการใช้โปรแกรม Chemsketch พบว่า หลังเรียนมีผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ

37.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน(PU) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผู้เรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างได้ถูกต้อง และมีโปรแกรม Chemsketch ในการวาดโครงสร้างเป็นสามมิติ ทำให้มองเห็นโครงสร้างได้ชัดเจน แต่การอธิบายยังไม่ครอบคลุม และผู้เรียนร้อยละ 22.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&SM) มีจำนวนลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าผู้เรียนร้อยละ 5 มีแนวคิดถูกต้อง (SU) โดยภาพรวมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ทำให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลง และมีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น

**แนวคิดเรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์**

เมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์แล้ว พบว่า แนวโน้มที่ผู้เรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผู้เรียนร้อยละ 60 ที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) มีผู้เรียนร้อยละ 22.5 ที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ17.5 ซึ่งมีแนวโน้มของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลง

**แนวคิดเรื่อง ไอโซเมอริซึม**

เมื่อพิจารณาแนวคิด เรื่องไอโซเมอริซึม พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 77.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผู้เรียนร้อยละ 20 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และผู้เรียนร้อยละ 2.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) ซึ่งมีจำนวนผู้เรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง

โดยสรุป หลังจากที่ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องสารประกอบอินทรีย์ ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการแล้ว ผู้เรียนได้ทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกวงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าทั้ง 4 เนื้อหาย่อย ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีผู้เรียนที่ไม่เข้าใจแนวคิดหรือไม่มีแนวคิด (NU) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้ถูกต้องหรือสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้

**อภิปรายผลการวิจัย**

**1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร**

การเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยเอง จะทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรง และเป็นความรู้ที่คงทน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม ผู้วิจัยไม่ควรเป็นผู้ควบคุมทั้งหมด เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกอย่างเต็มที่ตามศักยภาพของตนเอง ก่อนการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยควรแบ่งกลุ่มผู้เรียน และกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม เพราะจะทำให้ผู้เรียนได้รู้หน้าที่ของตนเอง เมื่อเริ่มกิจกรรมหรือดำเนินการจัดการเรียนรู้จะได้ไม่เกิดปัญหาหรือเกิดความล่าช้า ซึ่งในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนนี้ถือได้ว่าสำคัญที่สุด เพราะผู้วิจัยจะต้องกระตุ้นผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์หรือคำถามเพื่อให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมา โดยผู้เรียนจะต้องรวบรวมความรู้พื้นฐานหรือประสบการณ์เดิม เพื่อแสดงออกแบบจำลองทางความคิด จึงจำเป็นที่ผู้วิจัยจะต้องมีเทคนิคการใช้คำถามที่ครอบคลุม เหมาะสม ชัดเจนและเข้าใจง่าย สอดคล้องกับ ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ที่ใช้คำถามในการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด และ ธณัฏฐา คงทน (2557) ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเน้นการใช้คำถามหรือสถานการณ์กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม นอกจากนี้ในขั้นตอนการประเมินแบบจำลอง และการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ผู้วิจัยต้องมีการใช้คำถามกระตุ้นเพิ่มเติมเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแบบจำลองทางความคิดของตนเองกับเนื้อหาได้ชัดเจนมากขึ้น

2. ขั้นประเมินแบบจำลอง ขั้นตอนนี้สมาชิกทุกคนในกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูล และนำข้อมูลมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทำงานเป็นกลุ่มหรือทีม ร่วมกันคิด พิจารณาจากข้อมูลหลักฐาน เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง ทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับ ธณัฏฐา คงทน (2557) ที่ใช้ภาษาในการสื่อสารที่เข้าใจง่ายตรวจสอบแนวคิดว่าเป็นแนวคิดที่ถูกต้องไม่ ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลอง เกิดการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น และลงข้อสรุปร่วมกัน

3. ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมโดยใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย เช่น แบบจำลองโครงสร้างจากโปรแกรม Chemsketch บัตรภาพ เกม เป็นต้น ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ตามศักยภาพของตนเอง และยังพบว่าผู้เรียนบางส่วนสามารถเรียนรู้จากสื่อที่เป็นอุปกรณ์ที่สามารถจับต้องได้มากกว่าสื่อการสอนที่เป็นโปรแกรม แต่ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความสนุกสนานกับการใช้งานโปรแกรม Chemsketch เพราะสามารถสร้างแบบจำลองได้ทันทีและเห็นโครงสร้างสารอินทรีย์ได้ชัดเจน ดังนั้นจึงช่วยส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) ที่ใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) จะทำให้ผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ยังพบว่าในเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ผู้เรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากมีข้อจำกัดของการอ่านชื่อสารอินทรีย์แต่ละประเภทแตกต่างกันตามหมู่ฟังก์ชัน จึงทำให้ผู้เรียนอาจเกิดความสับสนในการอ่านชื่อสารอินทรีย์และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไป

4. ขั้นขยายแบบจำลอง ในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กิจกรรมในขั้นตอนนี้ที่ควรให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติคือการนำเสนอและการอภิปรายร่วมกัน ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้แบบจำลองกับสถานการณ์ใหม่ ๆ เป็นการท้าทายความสามารถผู้เรียน ให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง หรืออาจจะออกแบบกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนเพิ่มเติมนอกเวลาเรียนด้วยตนเองได้ จากนั้นให้ผู้เรียนได้นำเสนอและให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนแสดงความคิดเห็นช่วยแนะนำ เพื่อปรับปรุงงานให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามผลจากการวิจัยพบว่าในแนวคิดเรื่องไอโซเมอริซึม ยังมีข้อจำกัดด้านเนื้อหาที่เป็นนามธรรม และข้อจำกัดด้านการใช้งานโปรแกรม Chemsketch จึงทำให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ผู้วิจัยผู้สอนจึงแก้ไขโดยการให้ผู้เรียนนำเสนอโครงสร้างไอโซเมอร์กลุ่มละ 1 โครงสร้าง จากนั้นนำมาอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

**บทบาทผู้สอน**

จากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าบทบาทของผู้วิจัยผู้สอนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ผู้วิจัยถ่ายทอดความรู้เพียงฝ่ายเดียวและเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ของผู้เรียนในชั้นเรียนทั้งหมด เปลี่ยนเป็นผู้ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียน เช่น กิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่องพันธะคาร์บอน ขั้นประเมินแบบจำลองผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำการสืบค้นข้อมูล ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่สืบค้นข้อมูลได้ แต่ผู้เรียนไม่ได้คำนึงถึงความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ผู้วิจัยจึงทำหน้าที่ในการแนะนำ และคอยช่วยเหลือเกี่ยวกับการพิจารณา

ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ ดังนั้นการให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง การลองผิด ลองถูก จะทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ หากเป็นการทำแล้วส่งผลดีผู้เรียนก็จะสามารถจดจำได้และทำต่อไป แต่ถ้าหากเคยทำแล้วผิดผู้เรียนพบปัญหา ร่วมกันหาแนวทางแก้ไข ผู้เรียนก็จะจดจำเพื่อไม่ให้เกิดการทำผิดซ้ำ จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงต้องเปลี่ยนบทบาทการเรียนการสอนจาก "การให้ความรู้" เป็นการ "การให้ผู้เรียนสร้างความรู้" (Devries, 1992 : p.3-6 , ทิศนา แขมณี(2556)) ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในทุกขั้นตอน ผู้สอนควรเทคนิควิธีการสอนที่ผสมผสานกัน เช่น การตั้งคำถาม การยกตัวอย่างประกอบการสอน การนำเสนอ การให้ความช่วยเหลือแนะนำผู้เรียน การเล่นเกม เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ตามศักยภาพของตนเอง

2. **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ อย่างไร**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนได้แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาแนวคิดตลอดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยแบ่งการอภิปรายตามแนวคิด ดังนี้

แนวคิด เรื่อง พันธะคาร์บอน ในแนวคิดนี้ต้องการให้ผู้เรียนได้แสดงออกแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับการเกิดพันธะของธาตุคาร์บอนกับคาร์บอน หรือคาร์บอนกับธาตุอื่น โดยผู้เรียนต้องมีความรู้พื้นฐานเรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของคาร์บอน และรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบ ซึ่งหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยผู้เรียนสามารถเขียนแสดงโครงสร้างสารอินทรีย์และอธิบายการเกิดพันธะคาร์บอนได้ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ แต่ยังพบผู้เรียนบางส่วนที่ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความรู้พื้นฐานของผู้เรียนแต่ละคน ทำให้เกิดความกังวลและไม่กล้าแสดงออกแบบจำลองของตนเองในขณะปฏิบัติกิจกรรม นอกจากนี้เนื้อหาเรื่องพันธะคาร์บอนเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจเพื่อที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนเนื้อหาที่มีแนวคิดระดับที่สูงขึ้นหรือมีความซับซ้อนต่อไป แต่ด้วยเวลาในการจัดกิจกรรมที่มีจำกัด การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแนวคิดนี้จึงทำให้ผู้เรียนบางส่วนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง

แนวคิด เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ ในวงจรปฏิบัติการนี้ผู้เรียนต้องเขียนสูตรโครงสร้างทั้งหมด 5 รูปแบบ ได้แก่ แบบลิวอิส (จุด) แบบลิวอิส (เส้น) แบบย่อ แบบลิวอิสผสมแบบย่อ และแบบเส้นและมุม ซึ่งสูตรโครงสร้างทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันโดยใช้สัญลักษณ์แสดงแทนอะตอมของธาตุ หรือพันธะเคมี ซึ่งต้องเริ่มเขียนจากสูตรโครงสร้างลิวอิส (จุด) เมื่อผู้เรียนเข้าใจในแนวคิดเรื่องพันธะคาร์บอนในวงจรปฏิบัติการแรก จะทำให้ผู้เรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างได้ถูกต้อง หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ทั้งนี้เพราะการเขียนโครงสร้างแต่ละรูปแบบแตกต่างกันออกไป แต่มีความหมายสัมพันธ์เชื่อมโยงกันโดยใช้สัญลักษณ์แสดงแทนอะตอมของธาตุและพันธะเคมี ซึ่งผู้เรียนต้องมีความเข้าใจในโครงสร้างแบบลิวอิส (จุด) ก่อนที่จะเขียนสูตรโครงสร้างในรูปแบบอื่น ๆ ได้ นอกจากนี้ผู้เรียนยังต้องรู้ความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนสูตรโครงสร้างแต่ละรูปแบบด้วย แต่พบว่าผู้เรียนบางส่วนมีความเข้าใจในสูตรโครงสร้างลิวอิส (จุด) และแบบลิวอิส (เส้น) คลาดเคลื่อนจึงส่งผลให้แนวคิดในสูตรโครงสร้างรูปแบบอื่นคลาดเคลื่อนตามไปด้วย โดยผู้เรียนบางส่วนเขียนสูตรโครงสร้างไม่ถูกต้อง แต่อธิบายโครงสร้างได้ หรือผู้เรียนบางส่วนเขียนสูตรโครงสร้างถูกต้อง แต่อธิบายได้ไม่ครอบคลุมหรือไม่ถูกต้อง ซึ่งผู้เรียนไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตามยังพบผู้เรียนที่มีแนวคิดถูกต้อง โดยเขียนสูตรโครงสร้างและอธิบายเกี่ยวกับสูตรโครงสร้างได้ถูกต้อง ชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหา และไม่พบผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แนวคิด เรื่อง การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ ในวงจรปฏิบัติการนี้ผู้เรียนต้องอ่านชื่อสารอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชันหรือประเภทของสารอินทรีย์ โดยผู้เรียนต้องทราบหลักการอ่านชื่อของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั่วไปก่อน เช่น แอลเคน แอลคีน และแอลไคน์ ซึ่งใช้เป็นหลักการในการนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับอ่านชื่อของสารอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ 1)ผู้เรียนประยุกต์ใช้หลักการอ่านชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกับสารอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้ไม่ถูกต้อง เช่น การระบุโซ่หลัก จำนวนหมู่แอลคิล 2)ผู้เรียนบางส่วนไม่สามารถระบุหมู่ฟังก์ชันได้ จึงทำให้ไม่พิจารณาหมู่ฟังก์ชันเป็นหลักและอ่านชื่อตามสารอินทรีย์ประเภทนั้น แต่อ่านชื่อเหมือนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั่วไป 3) ผู้เรียนเกิดความสับสนเพราะสารอินทรีย์บางประเภทมีการเขียนสูตรโครงสร้างลักษณะใกล้เคียงกัน แต่มีหลักการอ่านชื่อแตกต่างกัน เช่น แอลกอฮอล์และอีเทอร์ แอลดีไฮด์และคีโตน ด้วยเหตุนี้จึงทำ

ให้ผู้เรียนยังมีความคลาดเคลื่อนเรื่องการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์อยู่บ้าง แต่ไม่พบผู้เรียนที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม

แนวคิด เรื่อง ไอโซเมอริซึม เนื้อหาในเรื่องนี้มีความเป็นนามธรรม ผู้เรียนต้องใช้จินตนาการควบคู่กับหลักการที่ว่า "สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่เขียนสูตรโครงสร้างแตกต่างกัน เรียกว่า ปรากฏการณ์ไอโซเมอริซึม" ในแนวคิดนี้ผู้เรียนต้องมีจิตนาการในการเขียนโครงสร้างสารไอโซเมอร์ และสามารถลำดับการเขียนไอโซเมอร์ได้ และที่สำคัญต้องรู้หลักการพิจารณาการเป็นสารชนิดเดียวหรือสารต่างชนิดกัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรู้ได้ว่าเป็นสารไอโซเมอร์หรือไม่ เมื่อผู้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่มาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จับต้องไม่ได้ เข้าใจได้ยาก รวมทั้งต้องอาศัยจินตนาการในการเขียนไอโซเมอร์ด้วย นอกจากนี้ผู้เรียนยังไม่สามารถพิจารณาการเป็นสารชนิดเดียวกันหรือสารต่างชนิดกันได้ จึงทำให้เขียนแสดงสารไอโซเมอร์ซ้ำไปซ้ำมาทั้งที่เป็นสารชนิดเดียวกัน หรือผู้เรียนบางส่วนเขียนสารไอโซเมอร์ด้วยโครงสร้างแบบเส้นและมุมทำให้จำนวนอะตอมของคาร์บอนขาดหายหรือเกินมาเพราะไม่ได้ตรวจสอบจำนวนอะตอมของคาร์บอนในสารไอโซเมอร์ที่เขียนได้ นอกจากนี้ยังพบว่าขณะปฏิบัติกิจกรรมผู้เรียนบางส่วนไม่ร่วมแสดงความคิดเห็นหรือนำเสนอร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม จึงทำให้ไม่สามารถเขียนสารไอโซเมอร์หรืออธิบายหลักการเกิดไอโซเมอริซึมได้ จึงเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มีความถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ ดังจะเห็นได้จากจำนวนร้อยละของผู้เรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้นหลังจากผ่านการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้ง 4 เนื้อหาย่อย รวมถึงไม่มีผู้เรียนที่ไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการจัดการเรียนรู้มีการยกตัวอย่างสถานการณ์และใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงแบบจำลองทางความคิดของตนเอง อีกทั้งยังมีโปรแกรม Chemsketch เข้ามาเป็นสื่อการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างสารอินทรีย์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้องมากขึ้น ตลอดจนสามารถนำมาขยายแบบจำลองกับสถานการณ์อื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ Barak & Hussein-Farraj (2013) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อเทคโนโลยีเข้ามาช่วย ในการสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จะช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ได้ดีและสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ดีขึ้นด้วย

**ข้อเสนอแนะ**

**ข้อเสนอแนะทั่วไป**

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องสารประกอบอินทรีย์ควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทบทวนความรู้เรื่องพันธะเคมีให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานถูกต้องและนำความรู้พื้นฐานนั้นไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาหรือแนวคิดที่ซับซ้อนต่อไปได้

2. เนื้อหาเรื่องสารประกอบอินทรีย์มีลักษณะเป็นนามธรรม ต้องอาศัยความจำหรือจินตนาการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้นครูผู้สอนจึงสามารถนำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับเนื้อหาอื่นที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยใช้สื่อที่เป็นวีดีโอจาก Youtube เกมจาก Kahoot และบัตรภาพ มาใช้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนออกมา ดังนั้นหากจะนำไปใช้ควรเลือกสื่อการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้แสดงออกทางความคิดของตนเองออกมาอย่างเต็มตามศักยภาพ เพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนให้ถูกต้องมากขึ้น

4. ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรวางแผนและปรับความยืดหยุ่นเวลาให้เหมาะสม เช่น เรื่องที่เป็นแนวคิดพื้นฐานอาจจะใช้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรมมาก เพราะต้องให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจถ่องแท้ ก่อนที่จะพัฒนาสู่แนวคิดอื่นต่อไป

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเรื่องไอโซเมอริซึม ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปด้วย เพราะด้วยเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและต้องอาศัยจินตนาการในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนต้องแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาผ่านการวาด การเขียน การอธิบาย ดังนั้นเมื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้กับผู้เรียนจะช่วยให้การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **ความหมายของแบบจำลอง.** สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2561 , เข้าถึงได้จาก: http://tairgle.egat.co.th.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). **ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่** ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินดารัตน์ โพธิ์นอก. (2557). **มโนทัศน์.** สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2561: เข้าถึงได้จาก http://www.royin.go.th.

จินตนา แย้มคงเมือง และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2559). **การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน,** การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์ "วิจัย" ครั้งที่ 9, BI9-BI15.

ชนาธิป พรกุล. (2554). **การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2554). **วิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ: เอพริล พริ้นติ้ง.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(Model-based learning),** วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29(3), 86-99.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และสุวัตร นานันท์. (2558). **การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5,** วารสารวิจัย มข. มส, 3(1), 82-91.

ทิศนา แขมมณี. (2556). **ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2560). **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 21. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธณัฏฐา คงทน. (2557). **การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์. (2558). **การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** The national graduate research conference 34th, 1977-1985.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 2. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2561: เข้าถึงได้จาก http://edu.stou.ac.th/EDU/UploadedFile/22758-9.pdf.

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ. (2561). **การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21.** ลพบุรี: ลพบุรีดีไซน์.

พัณนิดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช. (2017). **การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์:การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน.** Journal of Education Naresuan University, 19(3), หน้า 7.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2558). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1(1), 97-124.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2550). **ประมวลสาระชุดวิชาวิทยาการการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 8-15.** สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสส์น.

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ. (2559). **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วรรณนิศา ภูดวงดาด, และวิมล สำราญวานิช. (2557). **การศึกษาตัวแทนความคิดเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบตามแนวคิด** Focus-Action- Reflection (Far) Guide. ใน โครงการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น (น. 2573-2583), ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศุภกาญจน์ รัตรนกร. (2552). **การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องกรด-เบส.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560),** กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, หน้า 169-177.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.** เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่ม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **ความหมายของแบบจำลอง.** สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2561 , เข้าถึงได้จาก: http://tairgle.egat.co.th.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). **ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่** ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินดารัตน์ โพธิ์นอก. (2557). **มโนทัศน์.** สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2561: เข้าถึงได้จาก http://www.royin.go.th.

จินตนา แย้มคงเมือง และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2559). **การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน,** การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์ "วิจัย" ครั้งที่ 9, BI9-BI15.

ชนาธิป พรกุล. (2554). **การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2554). **วิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ: เอพริล พริ้นติ้ง.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(Model-based learning),** วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29(3), 86-99.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และสุวัตร นานันท์. (2558). **การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5,** วารสารวิจัย มข. มส, 3(1), 82-91.

ทิศนา แขมมณี. (2556). **ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2560). **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 21.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธณัฏฐา คงทน. (2557). **การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์. (2558). **การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** The national graduate research conference 34th, 1977-1985.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. **การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 2.** สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2561: เข้าถึงได้จาก http://edu.stou.ac.th/EDU/UploadedFile/22758-9.pdf.

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ. (2561). **การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21.** ลพบุรี: ลพบุรีดีไซน์.

พัณนิดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช. (2017). **การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์:การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน.** Journal of Education Naresuan University, 19(3), หน้า 7.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2558). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1(1), 97-124.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2550). **ประมวลสาระชุดวิชาวิทยาการการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 8-15.** สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสส์น.

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ. (2559). **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วรรณนิศา ภูดวงดาด, และวิมล สำราญวานิช. (2557). **การศึกษาตัวแทนความคิดเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต** ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบเปรียบเทียบ**ตามแนวคิด** Focus-Action- Reflection (Far) Guide. ใน โครงการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น (น. 2573-2583), ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศุภกาญจน์ รัตรนกร. (2552). **การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องกรด-เบส.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560),** กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, หน้า 169-177.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.** เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่ม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). **แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา.** กรุงเทพมหานคร :กระทรวงศึกษาธิการ, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, หน้า 42 – 46.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2553). **หลักการสอน (ฉบับปรับปรุง).** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง **สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6,** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, หน้า 78.

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abraham, M.R., Grzybowki, E.B. and Renner, J.W. (1994). "Understandings and Misunderstandings of Eight Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks" Journal of Research in Science Teaching, Vol.29, No.2, pp.105-120.

Bechtel, W., & Abrahamsen, A. (2005). Explanation: A mechanist alternative. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Science, 36, 421 – 441.

Buckley, B.C., Gobet, J.D., Kindfield, A.C.H., Horwitz, P., Tinker, R.F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willet. J. (2004). Model-based teaching with biological; what do they learn how. Journal of Science Education and Technology, 13(1), 23-41.

Chi, MTH., and Roscoe, RD. (2002). The process and challenges of conceptual change. In M. Limon and L. Mason(Eds), Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 3-27.

Chiu, M.H. (2005). **A National Survey of Students' Conceptions in Chemistry in Taiwan. Chemical Education International.** 6(1), 1-8. www.iupac.org/publicaiotns/cei

Clement, J. (2000). **Model based learning as a key research area for science education.** International Journal of Science Education, 22(9), pp. 1041-1053.

Coll, R.K., & Lajium, D. (2011). **Modeling and the future of science learning.** In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), Models and modeling cognitive tools for scientific enquiry(pp. 3 – 21). New York, NY: Springer.

David Wood. **Scientific Models: Definition & Examples.** Retrieved from https://study.com/academy/lesson/scientific-models-definition-examples.html.

Gilbert, J.K., Boulter, C.J. and Elmer, R. (Eds.). (2000). **Developing Models in Science Education** (1st ed.). New York.

Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. (2000). **Explanations with models in science education.** In J. Gilber & C. Boulter (Eds.) Developing models in science education (pp. 193 – 208) Norwell, MA: Kluwer.

Gilbert, J.K., De Jong, O., Treagust, D.F. and Van Driel, J.H. (2002). **Chemical Education:** Toward Research-based Practice, Kluwer Academic Publishers, pp. 44-68.

Gilbert, JK. (2005). Visualization: **A metacognitive skill in science and science education.** In J.K. Gilbert. (Ed.), Visualization in Science Education. Netherlands: Springer, 9-27.

Gobert, J.D., & Buckley, B.C. (2000). **Introduction to model-based teaching and learning in science** education. International Journal of Science Education, 22(9). 891-894.

Haidar, A.H. (1997). Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of the Conservation of Matter and Related Concepts. Journal of Research in Science Teaching 34(2): 181 – 197.

Johnson-Laird, P. N. (1980). **Mental models in cognitive science.** Cognitive Science, 4, 71-115.

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

Jose' A. Chamizo. (2013). A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching, Sci & Educ, U.S.A.: Springer, pp.1613-1632.

'JOSÉ Mª OLIVA, MARÍA DEL MAR ARAGÓN and JOSEFA CUESTA. (2014). THE COMPETENCE OF MODELLING IN LEARNING CHEMICAL CHANGE: A STUDY WITH SECONDARY SCHOOL STUDENTS. International Journal of Science and Mathematics Education , 13 : p.751-791.

Justi, R., and Gilbert, J. (2002). Models and modeling in chemical education. In J. K.Gilbert et al. (Eds.), Chemical education: Towards research-based practice. Boston: Kluwer Academic Publishers, 47-68.

Justi, R., & Gilbert, J. (2016). Modeling-based Teaching in Science Education. Netherlands: Springer.

Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). The Action Research Planner. (3rd Edition) : Deakin University Press.

Kemmis and McTggart. (2000). What is Action Research?. Retrieved December 18, 2019, from www.sagepub.com/upm-data/36554.

Laura Zangori. and Cony T.Forbes. (2015). Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Based Explanations About Plant Processes, Science Education, U.S.A.: Wiley, pp.961-982,

Marek, E., Eubanks, C. & Gallaher, T. (1990). Teachers' Understanding and the Use of the Learning Cycle. Journal of Research in Science Teaching, 27(9), 821-834.

Mendonca, C., & Justi, R. (2010). Contribution of the model of modeling diagram to be learning of Ionic bonding: Analysis of case study. Research science education, 41, 479-503.

Nakhleh, M.B. (1992). "Why some Students Don't Learn Chemistry", Journal of Chemical Education, Vol. 69, pp. 191-196.

Nersessian, N. J. (2002). **The cognitive basis of model-based reasoning in science.** In P. Carruthers, S. Stich, & M.Siegal (Eds) The cognitive basis of science (133 –153). Cambridge, England: Cambridge University Press

NGSS Lead States. (2013). **Next Generation Science Standards: For states, by states.** Washington, DC: National Academies Press.

Rea-Ramirez, M. A.., Clement, J. J., & Nunez-Oviedo, M. C. (2008). An Instructional model derived from model construction and criticism theory. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez(Eds.), **Model based learning and instruction in science.** P.23-43. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Sani, L. (2010). **Misconceptions of Inorganic Chemistry among Senior Secondary School Chemistry** Students of Zaria Metropolis. Unpublished B.sc(Ed.) Project, Ahmadu Bello University, Zaria.

Schwarz, C.V., & White, B.Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. Cognition and Instruction, 23(2), 165–205.

Simpson, W. D., & Marek, E. A. (1988). Understanding and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. Journal of Research in Science Teaching, 25(5), 361-374.

Sirhan, G. (2007). "Learning Difficulties in Chemistry: An Overview", Journal of Turkish Science Education, Vol. 4, No. 2, pp. 2-20.

Taber, KS., and Coll, RK. (2002). Bonding. In J. K. Gilbert. (Eds.), **Chemical Education: Towards Research-based Practice.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 213-234.

Tyler, R. (2002). **Learning for understanding in science: Constructivism/conceptual change model in science teacher education.** Science Education 80: 317-341.

Victoria. (2017). **Scientific Models.** Retrieved from www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science.

# ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีรายชื่อ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี
   ดร.ธนวัฒน์ พงษ์ศักดิ์
   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา
   ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล
   อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียน
   นางนวรัตน์ แจ่มจำรัส
   ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา จังหวัดลพบุรี

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

**แผนการจัดการเรียนรู้**

**รายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา ว30225 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

**หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์**

**แผนที่ 4 เรื่อง ไอโซเมอริซึม เวลาเรียน 3 ชั่วโมง**

---

**สาระเคมี (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6)**

**ข้อ 1** เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**ผลการเรียนรู้**

**ข้อ 3** มีความรู้ ความเข้าใจในการเกิดไอโซเมอริซึม

**สาระสำคัญ**

ไอโซเมอริซึม (Isomerism) คือ ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. เขียนโครงสร้างไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ได้
2. นำเสนอผลงานการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกันได้
3. แสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
4. มุ่งมั่นตั้งใจทำงาน

**สาระการเรียนรู้**

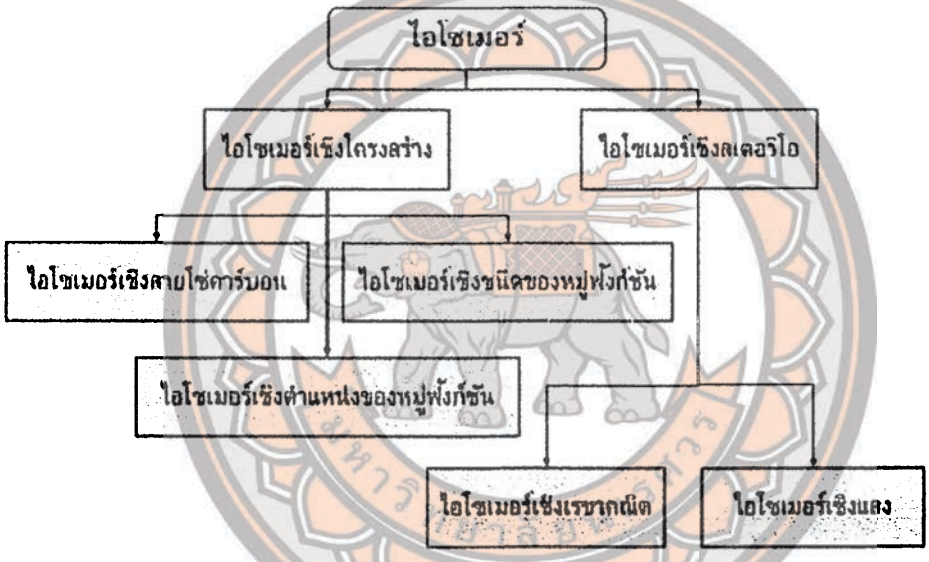
**ลักษณะสำคัญของไอโซเมอริซึม**

1. สารอินทรีย์ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมากเกิดไอโซเมอร์ได้ ดังนั้นสารอินทรีย์จึงเป็นสารที่มีมากที่สุดในโลก

2. สารอินทรีย์ที่เป็นไอโซเมอร์กัน ไอโซเมอร์ต่างชนิดกัน จะมีสมบัติบางประการแตกต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น

3. ไอโซเมอร์ของสารอินทรีย์ใดที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาวจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่า ไอโซเมอร์ของสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนต่อกัน เป็นกิ่งก้านสาขา เพราะไอโซเมอร์ที่มี คาร์บอนต่อกันเป็นโซ่สายยาวจะมีขนาดใหญ่ และมีพื้นที่ผิวมากกว่า ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล คือ แรงแวนเดอร์วาลส์สูงกว่าไอโซเมอร์ที่คาร์บอนต่อกันมีกิ่งก้านสาขา

**ชนิดของไอโซเมอร์**




1. ไอโซเมอร์โครงสร้าง (Structural Isomer) คือ ไอโซเมอร์ที่เกิดจากโครงสร้างแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจาก การจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนต่างกันทำให้ได้โครงสร้างแบบโซ่ตรง และโซ่กิ่ง หรือแบบปลายเปิดและปลายปิด

2. สเตอริโอไอโซเมอร์ (Stereo Isomer) คือ คือไอโซเมอร์ที่เกิดจากสารมีโครงสร้างและพันธะเหมือนกัน แต่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมจัดเรียงตัวในตำแหน่งต่างกัน มี 2 ประเภทคือ

2.1 ไอโซเมอร์เรขาคณิต (Geometrical Isomer) เกิดจากสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน มีพันธะคู่ระหว่าง คาร์บอนตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งพันธะ C=C ไม่สามารถหมุนได้อย่างอิสระ ทำให้

อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันซึ่งเกาะที่คาร์บอนทั้งสองอะตอมจัด เรียงตัวแตกต่างกันเช่น จัดเรียงตัวในทิศเดียวกัน (cis-isomer) หรือจัดเรียงตัวในทิศตรงข้ามกัน(trans-isomer)

2.2 ออปติคอลไอโซเมอร์ (Optical Isomer) เป็นไอโซเมอร์ที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของอะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีลักษณะเหมือนภาพในกระจกเงาดังตัวอย่าง ซึ่งเมื่อนำโมเลกุลมาซ้อนทับกันจะไม่สามารถทับกันได้สนิท และเมื่อผ่านแสงโพลาไรซ์ไปยังสารละลายของสารไอโซเมอร์ แสงจะเบนไปจากแนวเดิมในทิศทางตรงข้ามกัน

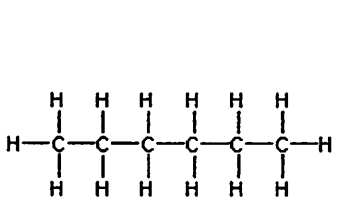
**หลักการเขียนไอโซเมอร์**

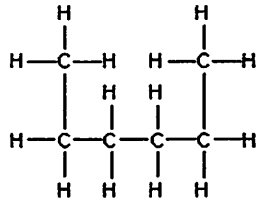
1. พิจารณาจากสูตรโมเลกุลก่อนว่าเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด
2. เมื่อทราบว่าเป็นสารประเภทใดแล้ว นำมาเขียนไอโซเมอร์
3. ถ้าเป็นสารพวกโซ่เปิด (Open chain หรือ Acyclic) มักจะเริ่มเขียนไอโซเมอร์จากตัวที่มี C ต่อกันเป็นสายตรงยาวที่สุดก่อน หลังจากนั้นจึงลดความยาวของสายคาร์บอนลงครั้งละอะตอมไปเป็นกิ่งของโซ่หลัก
4. ในกรณีที่เป็นไฮโดรคาร์บอนแบบวง (Cyclic chain) มักจะเริ่มจากวงที่เล็กก่อน คือเริ่มจาก C 3 อะตอม แล้วจึงเพิ่มเป็น 4 อะตอม ตามลำดับ

**การพิจารณาว่าสารคู่หนึ่งเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่**

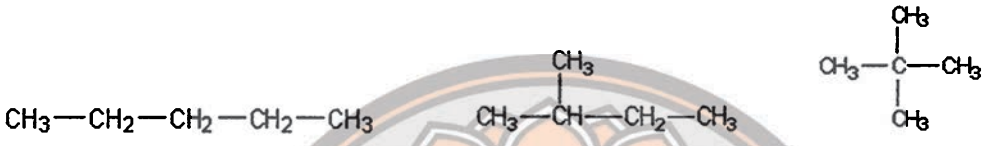
1. ถ้าประกอบด้วยธาตุต่างชนิดกัน จะไม่เป็นไอโซเมอร์กัน
2. ถ้าประกอบด้วยธาตุชนิดเดียวกัน และจำนวนอะตอมเท่ากัน จะต้องพิจารณาขั้นต่อไป

ก) ถ้าสูตรโครงสร้างเหมือนกัน จะเป็นสารชนิดเดียวกัน ไม่เป็นไอโซเมอร์กัน เช่น

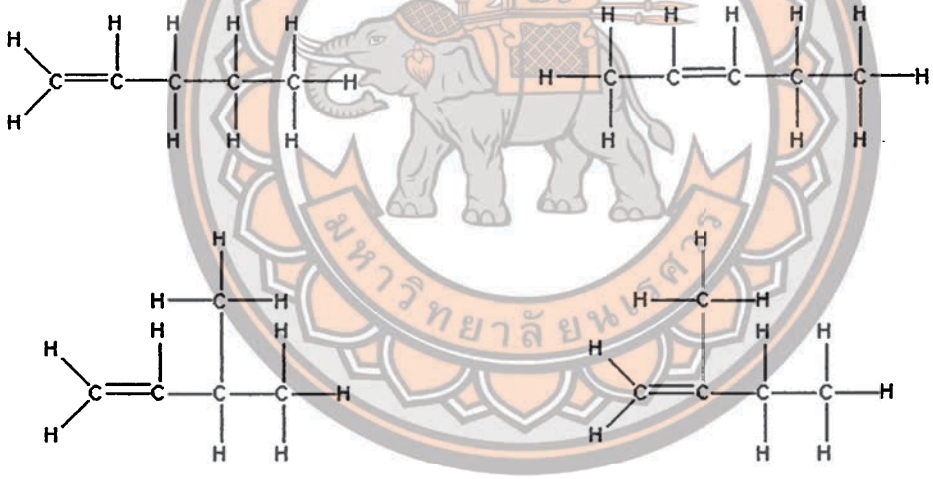


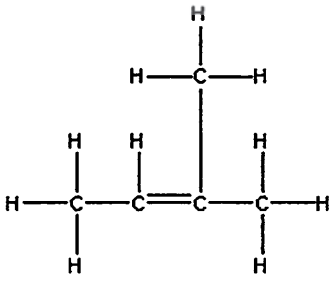


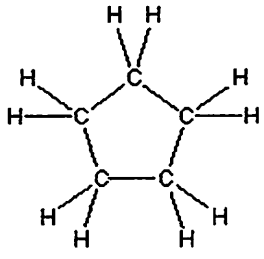
ข) ถ้าสูตรโครงสร้างต่างกัน จะเป็นเป็นไอโซเมอร์กัน เช่น สารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_5H_{12}$ มี 3 ไอโซเมอร์ ดังนี้



สำหรับสารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_5H_{10}$ มีไอโซเมอร์ที่เป็นโซ่เปิด 6 ไอโซเมอร์ โดยเป็นโซ่ตรง 2 ไอโซเมอร์ และโซ่กิ่ง 3 และแบบวงอีก 1 ไอโซเมอร์ ดังนี้







การเปลี่ยนโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน หรือการเกิดไอโซเมอร์จากโซ่ตรงเป็นโซ่กิ่ง จากโซ่เปิดเป็นแบบวง และการเปลี่ยนตำแหน่งของพันธะคู่หรือพันธะสามระหว่างอะตอมของคาร์บอน ทำให้เกิดโครงสร้างใหม่ซึ่งต่างก็เป็นไอโซเมอร์กัน ดังนั้นการเกิดไอโซเมอร์จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมาก

**สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน**

1. ความสามารถในการสื่อสาร (รู้ เข้าใจ พูดคุย ร่วมสนทนา รับฟังความเห็นของผู้อื่น)
2. ความสามารถในการคิด (คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ สร้างองค์ความรู้ แสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น)
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (นำเสนอแนวความคิดเห็นในการแก้ปัญหา คิดวิธีแก้ปัญหา)
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข)
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (ใช้เทคโนโลยีในการศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม นำเสนอข้อมูลจากการสืบค้น)

**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

**ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating Model) (15 นาที)**

1.1 ครูนำบัตรที่มีอักษร A – F (คละสี) ให้แต่ละกลุ่มวางโครงสร้างของ A – F ต่อกันโดยจะทำเป็นแบบใดก็ได้ พร้อมกับเขียนแบบจำลองโครงสร้างลงในใบกิจกรรมที่ 4

1.2 เมื่อทุกกลุ่มทำเสร็จเรียบร้อย ครูตั้งคำถาม

- แต่ละกลุ่มได้โครงสร้างอย่างไรบ้าง

1.3 ครูพิจารณาเลือกกลุ่มที่ได้โครงสร้างแบบเดียวกัน และโครงสร้างแตกต่างกัน แล้วให้นักเรียนสังเกต พร้อมกับตั้งคำถามว่า

- 2-3 กลุ่มนี้เหมือนกันหรือต่างกัน
- ถ้าเหมือนกันถือว่าเป็นชนิดเดียวกันได้ไหม
- หรือถ้าแตกต่างกันแต่มี A-F เหมือนกันถือว่าเป็นชนิดเดียวกันได้หรือไม่ (แนวคำตอบการจัดเรียงโครงสร้างแตกต่างกัน ถือว่าเป็นคนละชนิด)

1.4 เมื่อนักเรียนร่วมกันตอบคำถามครบ ครูจึงแนะแนวทางการพิจารณาโครงสร้างสารอินทรีย์ว่าสามารถเกิดได้หลายรูปแบบ จึงทำให้สารอินทรีย์มีจำนวนมาก เราจะเรียกลักษณะการเกิดว่าอย่างไรได้บ้าง นักเรียนจะได้ศึกษาต่อไป

1.5 จากนั้น ครูกำหนดสารอินทรีย์ ที่มีสูตรโมเลกุล $C_8H_{18}$ ให้นักเรียนวาดโครงสร้างลงบนโปรแกรม Chemsketch กลุ่มละ 1 โครงสร้าง (ครูแนะนแวทางว่าให้นักเรียนเปรียบเสมือนว่า C แต่ละอะตอมคือบัตร A – F ที่เราเคยจัดเรียง ส่วน H อะตอมจะกระจายอยู่ตาม C แต่ละตัว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ พันธะคาร์บอน)

**ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง** (Evaluating Model) (50 นาที)

2.1 กลุ่มใดเขียนเสร็จแล้ว ให้ยกมือ จากนั้นครูเดินตรวจสอบโครงสร้างที่นักเรียนวาด

2.2 ครูเลือกกลุ่มของนักเรียนที่วาดโครงสร้างแตกต่างกันมาเป็นตัวอย่างให้ดูบนกระดาน แล้วตั้งคำถามว่า

- นักเรียนคิดว่า โครงสร้างที่เพื่อนวาดนี้ เป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ เป็นสารคนละชนิดกัน พิจารณาจากกิ่งที่เกาะบนโซ่หลักคนละตำแหน่ง )
- แต่ละกลุ่มที่ครูเลือกมา มีวิธีการวาดโครงสร้างอย่างไร

2.3 ครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากการณ์ไอโซเมอริซึม จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบโครงสร้างของตนเอง

**ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง** (Modifying Model) (50 นาที)

3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไขโครงสร้างที่วาดอีกครั้ง และให้วาดโครงสร้างเพิ่มเติม โดยไม่ให้ซ้ำกับโครงสร้างเดิมที่วาดไว้ วาดให้ได้มากที่สุด

3.2 จากนั้นสุ่มถามนักเรียน ว่าแต่ละกลุ่มวาดได้มากที่สุด กี่โครงสร้าง

3.3 ให้นักเรียนกลุ่มที่วาดได้มากที่สุด นำเสนอโครงสร้างที่วาดได้ทั้งหมด และให้เพื่อร่วมชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายว่าเป็นไอโซเมอร์หรือไม่ พร้อมกับพิจารณาโครงสร้างที่กลุ่มตนเองวาดว่ามีเหมือนที่เพื่อนนำเสนอหรือไม่

**ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating Model) (40 นาที)**

4.1 เมื่อนักเรียนนำเสนอครบ ครูตั้งคำถามเพิ่มเติม เพื่ออภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับไอโซเมอริซึม

- ถ้าภายในโครงสร้างมีพันธะคู่ พันธะสาม จะสามารถเกิดไอโซเมอริซึมได้หรือไม่

- ถ้านักเรียนตอบว่าได้ ครูให้เสนอแนวทางในการวาดโครงสร้างนั้น

- ครูถามว่า ถ้าโครงสร้างเริ่มต้นเป็นแบบโซ่เปิด จะสามารถเกิดไอโซเมอร์กับโซ่ปิดได้หรือไม่ จากนั้นครูให้สูตรโมเลกุลเป็น $C_5H_{10}$ ให้นักเรียนลองวาดเพื่อหาคำตอบ

- โครงสร้างที่นักเรียนวาดได้เป็นอะลิฟาติกที่โครงสร้าง และเป็นอะลิไซคลิกที่โครงสร้าง เมื่อจบการเขียนโครงสร้าง ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ Cis- isomer และ Trans- isomer ที่เกิดขึ้นกับสารอินทรีย์แระเภทแอลคีน

4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดไอโซเมอริซึม

4.3 ครูให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบวัดแนวคิด เรื่อง ไอโซเมอริซึม จำนวน 3 ข้อ

4.4 ครูมอบหมายให้นักเรียนทุกกลุ่มส่งใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ไอโซเมอริซึม ท้ายคาบเรียน พร้อมส่งไฟล์โครงสร้าง

**สื่อการเรียนการสอน**

1. โปรแกรม Chemsketch
2. บัตรคำ A – F (คละสี)

**แหล่งเรียนรู้**

1. อินเทอร์เน็ต
2. ห้องสมุดโรงเรียนบ้านหมี่วิทยา

**การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้**

| จุดประสงค์การเรียนรู้ | ภาระงาน/ชิ้นงาน/พฤติกรรม | วิธีการวัดและประเมินผล | ผู้ประเมิน |
|---|---|---|---|
| 1. เขียนโครงสร้างไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ได้ | - ภาพจากโปรแกรม Chemsketch<br>- ใบกิจกรรม | - ตรวจใบกิจกรรม | ครูผู้สอน |
| 2. นำเสนอผลงานการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกันได้ | - การนำเสนอ<br>- ใบกิจกรรม | - ตรวจใบกิจกรรม | ครูผู้สอน |
| 3. แสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น | - ร่วมแสดงความคิดเห็น<br>- ยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน | - สังเกตพฤติกรรม และจดบันทึกลงในแบบประเมินพฤติกรรมรายบุคคล | ครูผู้สอน |
| 4. มุ่งมั่นตั้งใจทำงาน | - ตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมาย | - สังเกตพฤติกรรม และจดบันทึกลงในแบบประเมินพฤติกรรมรายบุคคล | ครูผู้สอน |

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**แบบสะท้อนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2. ขั้นประเมินแบบจำลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**3. ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**4. ขั้นขยายแบบจำลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ปัญหาที่พบ**

.....

.....

.....

.....

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

.....

**ลงชื่อ.....ครูผู้สอน**

**( ..... )**

**วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....**

## ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ไอโซเมอริซึม

1. โครงสร้างจากบัตรคำ A - F

**ลักษณะใดที่จัดว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน**

.....

.....

.....

.....

.....

**ลักษณะใดที่จัดว่าเป็นสารต่างชนิดกัน**

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนมีวิธีการเขียนไอโซเมอร์อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงเขียนไอโซเมอร์ของสารอินทรีย์ $C_5H_{10}$

โครงสร้างที่เป็นอะลิฟาติก มีกี่โครงสร้าง ลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

โครงสร้างที่เป็นอะลิไซคลิก มีกี่โครงสร้าง ลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

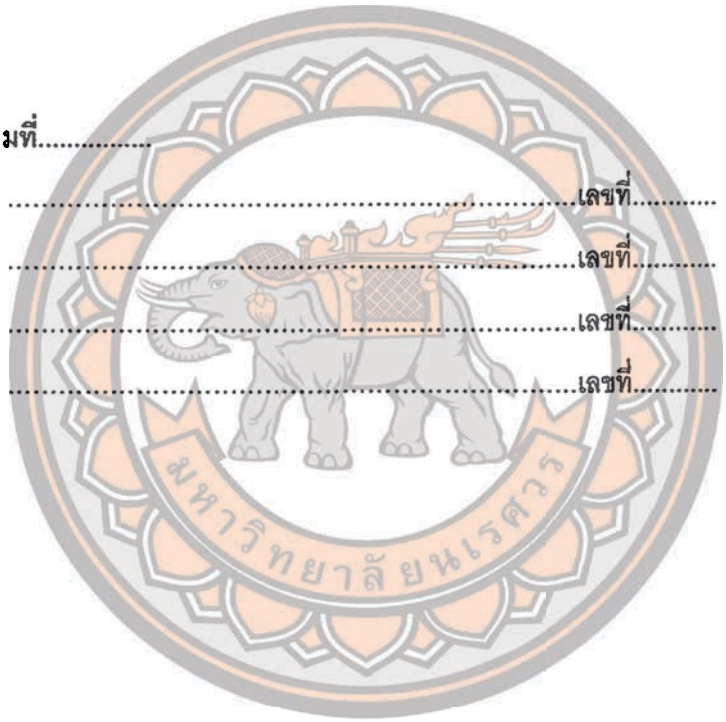
.....

.....

.....

**สมาชิกภายในกลุ่มที่**.....

1. .....เลขที่.....
2. .....เลขที่.....
3. .....เลขที่.....
4. .....เลขที่.....



**ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**

**แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

รหัสวิชา ว30225 รายวิชา เคมี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ..... เวลา.....น. จำนวน.....คาบ

โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ครูผู้สอน .....

---

การพัฒนาแนวคิด เรื่องสารประกอบอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

**1. ขั้นสร้างแบบจำลอง**

**จุดเด่น**

.....

.....

.....

.....

**จุดที่ควรพัฒนา/ปรับปรุง**

.....

.....

.....

.....

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

2. ขั้นประเมินแบบจำลอง

จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

จุดที่ควรพัฒนา/ปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

3. ขั้นดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

**จุดที่ควรพัฒนา/ปรับปรุง**

.....

.....

.....

.....

.....

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

.....

**4. ขั้นขยายแบบจำลอง**

**จุดเด่น**

.....

.....

.....

.....

**จุดที่ควรพัฒนา/ปรับปรุง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารประกอบอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

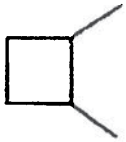
มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์**

## แบบวัดแนวคิด หน่วยที่ 4 เรื่อง ไอโซเมอริซึม

**คำสั่ง** ให้นักเรียนตอบคำถามและอธิบายเหตุผลโดยละเอียด

1. พิจารณาโครงสร้างของสารแต่ละคู่ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ให้นักเรียนระบุว่าเป็นไอโซเมอร์กันหรือไม่ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

ก.  กับ

.....

.....

.....

.....

ข. $CH_2{=}CHCH(CH_3)_2$ กับ $(CH_3)_2CHCH{=}CH_2$

.....

.....

.....

.....

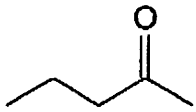
ค. $CH_3OCH_3$ กับ $CH_3CH_2OH$

.....

.....

.....

2. จงเขียนไอโซเมอร์ของสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างต่างจากสารอินทรีย์ที่โจทย์กำหนดให้ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ



.....

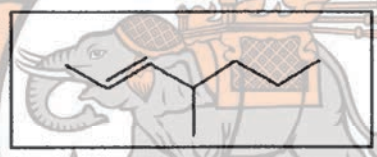
.....

.....

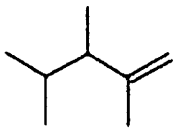
.....

.....

3. พิจารณาโครงสร้างต่อไปนี้

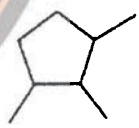


โครงสร้างใดต่อไปนี้ เป็นไอโซเมอร์ของสารที่โจทย์กำหนดให้ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ



A

B



D

.....

.....

.....

.....

.....

# ประวัติผู้วิจัย

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ – ชื่อสกุล** | พิมพ์พิไล จันทรัตน์กุล |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 30 พฤศจิกายน 2526 |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 25 หมู่ 2 ตำบลท่าอิบุญ อำเภอหล่มสัก |
| | จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110 |
| **ที่ทำงานปัจจุบัน** | โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา |
| | 278 หมู่ 5 ถนนศิลาสัมพันธ์ ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ |
| | จังหวัดลพบุรี 15110 |
| **ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน** | ครู |
| **ประสบการณ์การทำงาน** | |
| พ.ศ. 2558 | โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา |
| | 278 หมู่ 5 ถนนศิลาสัมพันธ์ ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ |
| | จังหวัดลพบุรี 15110 |
| **ประวัติการศึกษา** | |
| พ.ศ. 2549 | วท.บ.(เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร |

มหาวิทยาลัยนเรศวร