การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับแผนผังกราฟิก

โดย

ชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
วิทยาลัยครูสุริยเทพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีการศึกษา 2562

THE DEVELOPMENT OF MATTAYOMSUKSA 4TH STUDENTS' MENTAL MODELS IN THE LESSON ON COVALENT BONDS USING MODEL-BASED LEARNING WITH GRAPHIC ORGANIZATION

BY

CHANYAPATH BOONJUAEJAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF MASTER OF ARTS IN TEACHING SCIENCE

SURYADHEP TEACHERS COLLEGE

GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2019

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

โดย
ชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีการศึกษา 2562

รศ. ดร.บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล
ประธานกรรมการสอบ

ดร.ปวีณา สุจริตธนารักษ์
กรรมการ

ดร.ดารุณี เสริฐผล
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ. ร.ต. หญิง ดร. วรรณี ศุขสาตร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
26 พฤษภาคม 2563

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Thesis entitled

THE DEVELOPMENT OF MATTAYOMSUKSA 4TH STUDENTS' MENTAL MODELS IN THE LESSON ON COVALENT BONDS USING MODEL-BASED LEARNING WITH GRAPHIC ORGANIZATION

by

CHANYAPATH BOONJUAEJAN

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Arts in Teaching Science

Rangsit University
Academic Year 2019

Assoc.Prof. Boon-ek Yingyongnarongkul, Ph.D.
Examination Committee Chairperson

Paweena Sujaritthanarak, Ph.D.
Member

Darunee Sertphon, Ph.D.
Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst.Prof.Plt.Off. Vannee Sooksatra, D.Eng.)
Dean of Graduate School
May 26, 2020

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ดารุณี เสริฐผล เป็นอย่างสูงในการให้คำปรึกษาความตลอดทั้งเอาใจใส่ช่วยเหลือ รวมถึงช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ตลอดช่วงระยะเวลาการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล และดร.ปวีณา สุจริตธนารักษ์ที่ได้กรุณามาเป็นประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในคำแนะนำและเวลาอันมีค่าสำหรับการพัฒนางานวิจัยชิ้นนี้ มา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.อรพรรณ ทองประสงค์ อาจารย์หฤทัย ฐานนันท์ และ นางสาวทองใบ สุขประเสริฐชัย ที่ให้ความกรุณาเป็นทั้งผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ให้คำปรึกษาอันดียิ่งในการปรับปรุงเครื่องมือวิจัย การตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ และการเป็นครูมืออาชีพตลอดจนนักเรียนในโรงเรียนที่ผู้วิจัยเข้ารับการฝึกประสบการณ์ที่คอยให้ความร่วมมือตลอดทั้งระยะเวลาวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัว ในกำลังใจและแรงผลักดันอันล้นเหลือที่ได้มีให้กันมาตลอดระยะเวลาในการเรียนและการดำเนินการทำวิจัยชิ้นนี้

ขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์
ผู้วิจัย

6105981 : ชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

หลักสูตร : ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ดารุณี เสริฐผล

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 69 คน ณ สถานศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ในภาคเรียนที่หนึ่งปีการศึกษา 2562 โดยได้จากการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ทั้งหมด 6 แผน และแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยทำการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งก่อนและหลังการจัดเรียนรู้ และวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงอุปนัยร่วมกับการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย แล้วจึงจัดจำแนกแบบจำลองทางความคิดออกเป็น 5 กลุ่ม จากนั้นจึงรายงานผลโดยใช้สถิติร้อยละและคำบรรยาย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก มีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์มากขึ้นกว่าเดิมร้อยละ 15.49 และมีนักเรียนที่สามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดได้ เพิ่มขึ้นร้อยละ 53.53 จากการวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกสามารถช่วยให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 148 หน้า)

คำสำคัญ: แบบจำลองทางความคิด, การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, แผนผังกราฟิก

ลายมือชื่อนักศึกษา ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

6105981	:	Chanyapath Boonjuaejan
Thesis Title	:	The Development of Mattayomsuksa 4th Students' Mental Models in The Lesson on Covalent Bonds Using Model-Based Learning with Graphic Organization
Program	:	Master of Arts in Teaching Science
Thesis Advisor	:	Darunee Sertphon, Ph.D.

Abstract

This study aimed to develop Mattayomsuksa 4th students' mental models in the lesson on covalent bonds utilizing model-based learning with graphic organization. The samples were 69 Mattayomsuksa 4th students, in the academic year 2019, at a high school located in Pathumthani Province, the number of which was obtained from purposively sampling. The research instruments included 6 lesson plans on covalent bonds, a mental model pretest, and a mental model posttest. The qualitative data were analyzed using inductive content analysis and triangulation. The obtained data were classified into 5 groups. The results were reported in percentages and descriptions. The results revealed that, after the lesson, more than 15.49% of overall students developed more complete mental models. 53.53% of the students could express their mental models. The results implied that model-based learning with graphic organization could result in the students' more complete mental models in the lesson on covalent bonds.

(Total 148 pages)

Keywords: Mental Model, Model-Based Learning, Graphic Organization

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Student's Signature …..... Thesis Advisor's Signature .....

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย		**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญรูป		**ซ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
	1.3 คำถามการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย	4
	1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
	1.5 ข้อจำกัดการวิจัย	5
	1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	5
	1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
	1.8 ประโยชน์ของการวิจัย	7
บทที่ 2	**ทบทวนวรรณกรรม**	**8**
	2.1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	8
	2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	11
	2.3 แผนผังกราฟิก	16
	2.4 แบบจำลองทางความคิด	25
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	**36**
	3.1 สำรวจบริบทและสภาพทั่วไปของโรงเรียน	36

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.2 รูปแบบการวิจัย	37
	3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	39
	3.4 การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	40
	3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	44
	3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	45
	3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	46
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	**49**
	4.1 ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	49
	4.2 ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์	86
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**101**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	101
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย	102
	5.3 ข้อเสนอแนะ	103
บรรณานุกรม		**105**
ภาคผนวก		**113**
ภาคผนวก ก	รายนามผู้เชี่ยวชาญ	114
ภาคผนวก ข	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	116
ภาคผนวก ค	ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	129
ภาคผนวก ง	ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	144

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ประวัติผู้วิจัย	148

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบแผนผังกราฟิกตามจุดประสงค์การใช้งาน	22
3.1	แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์	40
4.1	แสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆก่อนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก	50
4.2	แสดงร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆก่อนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก	51

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย	5
3.1	แสดงการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน	38
4.1	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	53
4.2	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดย (I) แสดงว่าธาตุมีสมบัติอโลหะ (II) ระบุตำแหน่งในตารางธาตุเพิ่มเติม และ (III) ระบุว่ามีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน	54
4.3	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดยแสดงว่ามีการเกิดพันธะตามกฎออกเตต	54
4.4	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้อง	55
4.5	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	55
4.6	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดย (I) และ (II) เป็นแบบจำลองที่ให้เหตุผลได้ครบถ้วน ในขณะที่ (III) ได้ระบุเฉพาะการอ่านจำนวนธาตุและการเปลี่ยนเสียง	56
4.7	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับหลักการอ่านที่ถูกต้อง	57
4.8	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลซึ่งไม่สอดคล้องกับการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่		
4.9	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องการเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต โดยแสดงภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	58
4.10	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์ ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	59
4.11	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	59
4.12	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	60
4.13	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์	62
4.14	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	62
4.15	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	63
4.16	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่องความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา โดยภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.17	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีพลังงานพันธานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด	65
4.18	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	66
4.19	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	66
4.20	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้	67
4.21	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่คำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	68
4.22	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่คำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	69
4.23	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	70
4.24	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	70
4.25	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ซึ่งนักเรียนให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้อง	71
4.26	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.27	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่เลือกสารที่มีจุดเดือดสูงสุด โดยให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดยสาร A คือ สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย	73
4.28	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ที่ให้เหตุผลแบบไม่สอดคล้อง โดยสาร A คือ สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย	74
4.29	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยแสดงภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	75
4.30	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร ClF_5	76
4.31	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้อธิบายรูปร่างโมเลกุลของสาร ClF_5 ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	76
4.32	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้อธิบายรูปร่างของสาร ClF_5 ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	77
4.33	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้อธิบายรูปร่างของสาร IOF_5	78
4.34	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่อธิบายรูปร่างของสาร IOF_5 ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	78
4.35	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่คำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	79
4.36	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยแสดงภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้	80

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.37	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่างซิลิกอน (Si) และคลอรีน (Cl)	81
4.38	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้อธิบาย สภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่าง Si และ Cl ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	81
4.39	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่สภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่าง Si และ Cl โดยให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	82
4.40	เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H พร้อมอธิบายเหตุผล	83
4.41	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่อธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง	84
4.42	แสดงตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่อธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง	85
4.43	แสดงภาพตัวอย่างแผนภาพขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียน	88
4.44	แสดงภาพตัวอย่างแผนภาพขั้นตอนการเขียนสูตรโครงสร้างของนักเรียน	89
4.45	แสดงภาพตัวอย่างแผนภาพวงกลมการเพื่อระบุประเด็นที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานพันธะ	92
4.46	แสดงภาพตัวอย่างแบบจำลองโมเลกุลที่นักเรียนสร้างขึ้น	94
4.47	แสดงภาพตัวอย่างแผนภาพวงกลมเพื่อระบุปัจจัยสำคัญที่ใช้พิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุล	96
4.48	แสดงภาพตัวอย่างแผนภาพพีระมิดเพื่อจัดอันดับความแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยปรับปรุงจากแผนภาพที่สร้างขึ้นในชั้นเรียน	99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชาเคมีเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบของสาร สมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร ตลอดจนทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี (กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สถาบันส่งเสริมวิทยศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 128) วิชาเคมีจึงถูกจัดเป็นแขนงวิชาหลักหนึ่งของวิทยาศาสตร์ และเป็นวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่นเช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวัสดุศาสตร์ เป็นต้น (Ware, 2001 อ้างถึงใน ศักดิ์ศรี สุภาษร, นุจรี สุภาษร, วรรณวไล อธิวาสน์พงศ์, และสนธิ พลชัยยา, 2559) ในปัจจุบัน วิชาเคมีกลายเป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพราะมีการนำความรู้ทางด้านเคมีมาสร้างนวัตกรรมใหม่และนำมาประยุกต์ใช้หลากหลายด้านเช่น การใช้ประโยชน์ของธาตุในการผลิตเทคโนโลยีและนวัตกรรม การคิดค้นและผลิตยารักษาโรค การออกแบบและคิดค้นเครื่องสำอางค์ การผลิตและการควบคุมคุณภาพสิ่งทอ กระบวนการในอุตสาหกรรมเคมี การผลิตวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ การสร้างวัสดุนาโนเทคโนโลยี การศึกษาวิทยาศาสตร์ทางการเกษตร การศึกษาด้านพลังงานและการกักเก็บพลังงาน เป็นต้น (อารยา ควัฒน์กุล, 2558; Bruce, 2019; Royal Society of Chemistry [RSC], n.d.) การศึกษาวิทยาศาสตร์วิชาเคมีจึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนต้องเรียนรู้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการใช้ชีวิตอย่างปลอดภัยและเป็นสุข ตลอดจนเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญต่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและการประกอบอาชีพในอนาคต

ปัญหาของการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีจึงเป็นปัญหาที่ครูต้องแก้ไขอยู่ตลอดเวลา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด จากการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยและประสบการณ์การสอนของผู้วิจัย พบว่า ปัญหาที่น่าเป็นห่วงของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือ ระดับผลลัพธ์ของการเรียนรู้ที่ไม่น่าพึงพอใจทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ (สำนักเลขาธิการการศึกษาแห่งชาติ [สกศ.], 2560, น. 33-38) ซึ่งอาจเกิดจากการ

ที่ครูยังใช้วิธีการสอนแบบเดิมคือ ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้ และครูยังเป็นผู้ดำเนินการสรุปบทเรียนด้วยตนเอง นอกจากนี้ ปัญหาดังกล่าวยังเกิดจากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดอย่างง่ายและไม่ละเอียดซับซ้อนในเนื้อหาเกี่ยวกับเคมี เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส (ขุนทอง คล้ายทอง, 2554; ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557) สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้เข้าไปฝึกประสบการณ์สอน ซึ่งครูผู้สอนได้อธิบายว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องเพียงบางส่วน หรือไม่สอดคล้องกับแบบจำลองซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการวิทยาศาสตร์ และยังไม่สามารถสร้างการเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางเคมีที่เกี่ยวเนื่องกันได้ สอดคล้องกับผลจากการสังเกตการณ์ในชั้นเรียน ระหว่างการที่ผู้วิจัยเข้าไปศึกษาบริบทของโรงเรียนดังกล่าว ซึ่งพบว่า นักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเป็นผลทำให้นักเรียนไม่สามารถคำนวณหาคำตอบในโจทย์ได้อย่างถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนเลือกที่จะบวกค่ามวลอะตอมกับจำนวนอะตอมเพื่อหาค่ามวลโมเลกุล เพราะนักเรียนคิดว่าต้องรวมเลขทั้งสองตัวเข้าด้วยกัน แต่แบบจำลองโมเลกุลในทางเคมีนั้น อธิบายว่าอะตอมภายในโมเลกุลนั้นอยู่รวมกันได้ด้วยพันธะทางเคมี ทำให้แต่ละอะตอมในโมเลกุลยังมีมวลอะตอมด้วยตัวเอง มวลโมเลกุลจึงต้องหาจากผลรวมระหว่างมวลรวมของอะตอมแต่ละชนิด ซึ่งหาได้จากการคูณมวลอะตอมด้วยจำนวนอะตอมที่มีในโมเลกุลนั้น ๆ

ปัญหาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญสำหรับการจัดการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี ทำให้ครูผู้สอนและนักวิชาการหลายท่านได้ทำการศึกษาแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้แนวคิดและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาทิ รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพจนารถ สุวรรณรุจิ, 2558) ซึ่งพบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองที่สอดคล้องแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) (อับดุลเลาะ อูมาร์, 2560) ซึ่งพบว่าคะแนนเฉลี่ยแบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีในแต่ละครั้งแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ การศึกษาบทบาทในชั้นเรียนของครูผู้สอน ยังมีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยครูมีหน้าที่สื่อสารและเชื่อมโยงความรู้ทางเคมีทั้ง 3 ระดับของนักเรียน (ระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์) ร่วมกับการตรวจสอบและวิพากษ์แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ครูควรส่งเสริมให้มีการใช้แบบจำลอง

ชนิดอื่น ๆ ที่จำลองเป้าหมายเดียวกันเพื่อให้ข้อมูลสะท้อนกลับแก่นักเรียน และส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นอย่างเต็มที่ (Cheng & Lin, 2015; Chittleborough & Treagust, 2007; Goel & Joyner, 2015; Justi, 2009)

แผนผังกราฟิก เป็นหนึ่งในวิธีที่ใช้ส่งเสริมการสื่อสารระหว่างบุคคลเช่น ครูและนักเรียนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแผนผังกราฟิกเป็นวิธีการที่ทำให้ผู้ส่งสารสามารถอธิบายแนวความคิดให้กับผู้รับสารได้เป็นรูปธรรมมากขึ้นโดยทำการผสมผสานคำและวลี เข้ากับลูกศร เส้น หรือรูปทรงเรขาคณิต เพื่ออธิบายข้อมูลที่ต้องการจะสื่อสาร (ทิศนา แขมมณี, 2556; สุมาลี ชูบุญ, 2560; Hasan, 2017) ทำให้แผนผังกราฟิกในปัจจุบันมีรูปแบบที่หลากหลาย ตามจุดประสงค์ของผู้ส่งสาร เช่น ผังมโนทัศน์ (Conceptual Map) ที่ใช้อธิบายและแสดงความสัมพันธ์ของประเด็นต่าง ๆ ในมโนทัศน์ผ่านกล่องข้อความและเส้น หรือ แผนภาพขั้นตอนที่ใช้แสดงลำดับขั้นตอนผ่านกล่องรูปลูกศร เป็นต้น (กุลธิดา มีสมบูรณ์, 2560; ซากุราดะ, 2560) แผนผังกราฟิกจึงถูกนำมาใช้ในชั้นเรียน เพื่อเป็นทั้งเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน และเป็นตัวช่วยในการจัดการเรียนรู้เพื่อทำให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของ เนตรดาว สร้อยแสง, ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์, และเชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ (2562) ซึ่งนำแผนผังกราฟิกไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะความรู้ 7 ขั้นในเรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเรื่องดังกล่าวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังส่งผลให้การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน

จากสภาพปัญหาในชั้นเรียนและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผู้วิจัยจึงสนใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ให้แก่นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนและทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

1.3 คำถามการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวแลนต์อย่างไร

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ศึกษา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาของหลักสูตรสถานศึกษา ซึ่งอ้างอิงตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระเคมี เรื่อง พันธะโคเวแลนต์

1.4.2 ขอบเขตที่เกี่ยวกับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 ห้อง และเรียนรายวิชา เคมีเพิ่มเติม 1 ว30221 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ 4 จังหวัดปทุมธานี คิดเป็นจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 168 คน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 และห้อง 5 จำนวนนักเรียนรวม 71 คน จากการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การเลือกคือ เป็นห้องเรียนผู้วิจัยรับผิดชอบสอน และมีนักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 70 ของห้องเรียน ได้คะแนนสอบกลางภาควิชา เคมีเพิ่มเติม 1 ว30221 สูงกว่า 24 คะแนนจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน

1.4.3 ขอบเขตที่เกี่ยวกับเวลา

กำหนดระยะเวลาการทำการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ.2563 โดยเก็บข้อมูลวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 22 คาบ คาบเรียนละ 55 นาที รวมเวลา 22 ชั่วโมง

1.4.4 ขอบเขตที่เกี่ยวกับวิธีการรวบรวมข้อมูล

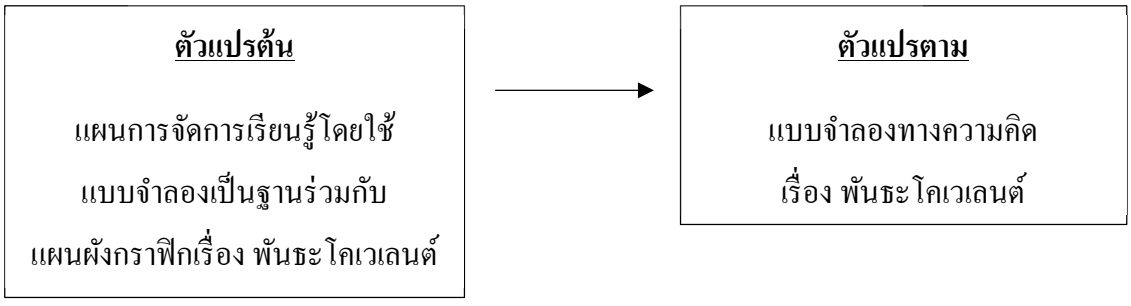
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลคุณภาพ

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

ข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย คือการรวบรวมข้อมูลบางคาบเรียนอาจใช้เวลาสอนไม่ครบ 55 นาทีหรือ 110 นาที ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และอาจไม่สามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีการปรับเวลาเรียนลดลง หรือมีการหยุดการจัดการเรียนการสอนเพื่อใช้เวลาในการทำกิจกรรมเสริมของโรงเรียน โดยผู้วิจัยจะทำการสอนเสริมในช่วงเวลาอื่นเพื่อให้การเรียนรู้ของนักเรียนครบถ้วนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ถือว่าการปรับเวลาเรียนและการเรียนเสริมไม่มีผลต่อการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก มีกรอบแนวคิดระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบจำลองทางความคิด หมายถึง แบบจำลองของความรู้และปรากฏการณ์ธรรชาติภายในสมอง ซึ่งเกิดขึ้นจากประสบการณ์ จินตนาการและการรับรู้ของบุคคล แบบจำลองทางความคิดยังเกิดขึ้นได้ระหว่างกระบวนการให้เหตุผล ให้ความหมาย ให้คำอธิบายและการทำนายความรู้และปรากฏการณ์ นักเรียนสามารถถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดได้หลากหลายรูปแบบ อาทิ ถ่ายทอดผ่านท่าทาง ถ่ายทอดผ่านวัสดุ ถ่ายทอดผ่านภาพหรือแผนผัง ถ่ายทอดโดยใช้ภาษา ถ่ายทอดโดยใช้สัญลักษณ์ ถ่ายทอดโดยสร้างแบบจำลองในโลกจริงขึ้นมา เป็นต้น แบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยนี้ยังสื่อถึงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ที่วัดด้วยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ทำการวัดด้วยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ถูกต้องสอดคล้องกับความรู้และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่น ก่อนเรียน นักเรียนไม่มีแบบจำลองทางความคิด และหลังเรียน นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เป็นต้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนในการสอน ได้แก่ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นนำแบบจำลองไปใช้งานและประเมินผล ขั้นปรับแก้แบบจำลอง และขั้นสุดท้ายคือ ขั้นขยายผลแบบจำลอง โดยที่นักเรียนและครูร่วมกันสร้างแบบจำลองขึ้นมาในชั้นเรียน

แผนผังกราฟิก หมายถึง เครื่องมือในการจัดการเรียนรู้และตัวช่วยในการเรียนรู้และสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียน มีลักษณะเป็นสื่อผสมระหว่างวัจนภาษาและอวัจนภาษาเพื่ออธิบายเนื้อหาสาระ มโนทัศน์ กลยุทธ์ ระบบความรู้ โครงสร้างและองค์ประกอบต่าง ๆ ระหว่างการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 6 แผน โดยจัดการเรียนรู้ตามการจัดเรียนรู้ด้วย

แบบจำลองเป็นฐาน 4 ขั้นตอน ซึ่งครูผู้สอนและนักเรียนสามารถใช้งานแผนผังกราฟิกระหว่างการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา โดยใช้งานเพื่อสื่อสารเนื้อหาสาระ มโนทัศน์ หรือขั้นตอน ตลอดจนนำมาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดได้

วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน หมายถึง การที่ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 6 แผน (Plan) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลในขณะปฏิบัติการสอน (Action and Observation) และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรค (Reflection) เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการสอนในชั่วโมงถัดไป

1.8 ประโยชน์ของการวิจัย

1.8.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้รับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

1.8.2 ผู้วิจัยได้แนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่สามารถนำไปใช้ในชั้นเรียนอื่น และเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

- 2.2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 2.2.2 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3 แผนผังกราฟิก

- 2.3.1 ความหมายของแผนผังกราฟิก
- 2.3.2 รูปแบบของแผนผังกราฟิก

2.4 แบบจำลองทางความคิด

- 2.4.1 ความหมายของแบบจำลองทางความคิด
- 2.4.2 การวัดแบบจำลองทางความคิด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.5.1 งานวิจัยในประเทศ
- 2.5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

2.1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

Kemmis and McTaggart (1988, p. 5) ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า เป็นการศึกษาค้นคว้าที่สะท้อนตนเองเป็นกลุ่ม ดำเนินการค้นคว้าโดยบุคลากรในกลุ่มที่ปฏิบัติงานตามปกติเพื่อที่จะพัฒนาวิธีการ และลักษณะการปฏิบัติงานทางสังคมหรืองานทางการศึกษาให้น่าพอใจมากยิ่งขึ้นด้วยหลักการที่มีเหตุผล มีความชอบธรรมและมีคุณภาพ และยังเป็นการทำให้บุคลากร

มีความเข้าใจในงานที่ตนกำลังปฏิบัติ และเข้าใจสถานการณ์ที่เป็นปัจจุบัน กลุ่มผู้ร่วมงานวิจัยอาจรวมไปถึง ครู ผู้บริหาร นักเรียน ผู้ปกครอง และสมาชิกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องที่มีความสนใจร่วมกัน

Ferrance (2000, p. 1) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นกระบวนการที่ผู้ที่มีส่วนร่วมในการสอนได้ตรวจสอบการสอนของตนเองได้อย่างเป็นระบบและครบถ้วน โดยใช้เทคนิคทางการวิจัยหลาย ๆ เทคนิค

Fisher (2004, p. 2) นิยามการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน คือ กระบวนการที่กลุ่มบุคคลที่มีความสนใจร่วมกันได้วางแผน ดำเนินการ และประเมินผลการทำงานด้วยกันอย่างเป็นระบบและรอบคอบ การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการผสมผสานระหว่างการปฏิบัติและการตรวจสอบ โดยการตรวจสอบจะมีผลต่อการปฏิบัติงาน และผู้ทำวิจัยจะเกิดการเรียนรู้จากการสะท้อนผล (Critical Reflection) ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

Johnson (2005, p. 21, as cited in Patrick, 2007, p. 3) ได้เสนอความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า กระบวนการศึกษาสภาพการณ์จริงของโรงเรียนหรือชั้นเรียน โดยเป็นไปเพื่อสร้างความเข้าใจและเพิ่มคุณภาพของการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น

Hine and Lavery (2014, p. 163) ได้ให้นิยามความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยกล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นกระบวนการสืบเสาะที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในงานวิจัยร่วมกันปฏิบัติ เพื่อสร้างความเข้าใจและพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติการสอน

องอาจ นัยพัฒน์ (2548, น. 338 อ้างถึงใน วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์, 2558, น. 31) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคล โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสรรค์สร้างขึ้นไปใช้ปรับปรุงแก้ปัญหา หรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานได้อย่างทันต่อเหตุการณ์ สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งกลมกลืนกับโครงสร้างการบริหารงาน ตลอดจนบริบททางด้านสังคมและวัฒนธรรมและด้านอื่นๆ ที่แวดล้อมหรือเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านั้น

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558, น. 31) ได้เสนอความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติในชั้นเรียนว่า เป็นการศึกษารวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลายๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ โดยกำหนดขั้นตอนของการวิจัยประกอบด้วยการวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต(Observation) และการสะท้อนกลับ (Reflection)

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ (2558, น. 104) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นงานวิจัยที่ครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินงานวิจัย โดยเน้นการศึกษาจากข้อมูลเชิงคุณภาพ มีขั้นตอนการวิจัยอยู่ 4 ขั้นตอนได้แก่

1) ขั้นวางแผน (Plan) จากสภาพปัญหาในชั้นเรียน ความรู้เดิมของนักเรียน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบการเรียนรู้

2) ขั้นปฏิบัติ (Action) ซึ่งเป็นการนำแผนการเรียนรู้ไปใช้

3) ขั้นสังเกต (Observation) โดยผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการสอน

4) ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection) ซึ่งนำข้อมูลจากการสังเกตเพื่อวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุง

จีระวรรณ เกษสิงห์ (2560, น. 1) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นงานวิจัยโดยผู้ปฏิบัติงาน หรือครูผู้ปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาแก้ไขการสอนของตนเองให้ดีขึ้นตลอดจนสร้างความเชี่ยวชาญในการวินิจฉัยปัญหาในชั้นเรียน และเพื่อสร้างความเข้าใจในงานสอนของตนเองให้มากขึ้น โดยวิจัยผ่านวงจรที่เริ่มจากการตรวจสอบปัญหาในชั้นเรียน การวางแผนการแก้ไขปัญหา การลงมือปฏิบัติตามแผน การประเมินผลการปฏิบัติการ และการสะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติที่ได้ทำ

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ได้ศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่า งานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนคือ กระบวนการศึกษาและแสวงหาข้อเท็จจริงที่ผู้วิจัยเป็นหนึ่งในกลุ่มผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียจากการปฏิบัติงานสอน คือ ครูผู้สอนในชั้นเรียน โดยเน้นการสร้างความเข้าใจและการปรับปรุงคุณภาพการปฏิบัติงานจากปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง และทันต่อสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ผู้วิจัยจะดำเนินวงจรการทำงานวิจัยเชิงปฏิบัติการอันได้แก่ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต(Observation) และการสะท้อนกลับ (Reflection)

ซ้ำ ๆ จนแก้ไขข้อปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และผู้วิจัยเป็นผู้นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนสะท้อนกลับเป็นข้อสำคัญในการวิเคราะห์และศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหา

2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนเรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์ทางกายภาพ ประกอบด้วยรูปธรรมและลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของปรากฏการณ์นั้น นำไปสู่การแสดงออกถึงความเข้าใจปรากฏการณ์ และช่วยให้นักเรียนมีกลไกในการสร้างความเข้าใจที่ดีขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557; Loucas & Zacharia, 2012 อ้างถึงใน วรวัฒน์ ศีลบุตร และบุณนาค สุขุมเมฆ, 2561)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่มีฐานมาจากการสอนตามแนวคิดพุทธิปัญญา (Cognitive Psychology) และการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ในชั้นเรียน เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้การสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์อย่างต่อเนื่อง โดยกระบวนการเริ่มจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจ (Produce Mental Model) แล้วจึงให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลอง (Express Model) ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น วัตถุรูปธรรม คำสนทนา สัญลักษณ์ ภาพวาด และนำแบบจำลองเหล่านี้ไปทดลองใช้เพื่อทดสอบ (Test) ประเมิน (Evalute) และปรับปรุง (Revision) ให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนขยายแบบจำลอง (Elaboration) เพื่อปรับแนวคิดของผู้เรียน (อารยา ควัฒน์กุล, 2558)

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานคือการทำกิจกรรมในห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยอาศัยความรู้เดิม และข้อมูลใหม่จากนั้นนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้เพื่อประเมินแบบจำลองถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ได้ดีก็จะได้รับการสนับสนุน แต่ถ้าใช้ไม่ได้ผลอาจมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองใหม่หรือปฏิเสธ

แบบจำลองนั้น และขั้นตอนสุดท้ายคือการขยายแบบจำลองโดยนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน(ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557)

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจ ได้สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ และได้แสดงออกถึงความเข้าใจของตนเองผ่านกิจกรรมการสร้างแบบจำลองในชั้นเรียน ซึ่งเริ่มจากกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ผสมผสานระหว่างความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ในรูปแบบที่ทั้งจับต้องได้และจับต้องไม่ได้ จากนั้นจึงทำการทดสอบและประเมินผลการใช้งานแบบจำลองที่สร้างขึ้น แล้วจึงปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแบบจำลองหลังการประเมิน สุดท้ายจึงนำแบบจำลองที่แก้ไขแล้วไปใช้งานในสถานการณ์เพิ่มเติม

2.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert and Buckely (2002, p. 892 อ้างถึงใน อารยา ควัฒน์กุล, 2558, น. 24) เสนอวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้ว่า

1) นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

2) ครูประเมินและทบทวนแนวคิดสำคัญในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปการอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่นำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3) นักเรียนรวบรวมข้อมูลในส่วนต่าง ๆ เช่น โครงสร้าง หน้าที่ของส่วนประกอบ พฤติกรรมและสาเหตุ และสร้างแผนผังแนวคิด (Concept Mapping) ให้คล้ายคลึงกับปรากฏการณ์อื่นที่นักเรียนเคยประสบพบเจอ (Analogous System) แล้วจึงตรวจสอบข้อมูลและสร้างแบบจำลอง

4) การนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ซึ่งทำให้นักเรียนได้รับรู้ว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นอาจถูกปฏิเสธ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และทำให้นักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

5) การขยายแบบจำลอง ซึ่งอาจเกิดจากการสร้างแบบจำลองเพิ่มเติมและผนวกกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิด

Gilbert and Justi (2016 อ้างถึงใน ธีรตา ชาติวรรณ, ธิติยา บงกชเพชร, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2561) ได้อธิบายวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีลักษณะเป็นขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับเนื้อหาที่เป็นนามธรรม โดยมีทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม

2) ขั้นการแสดงออกแบบจำลองผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการวาดภาพและเขียนอธิบาย (Verbal Model) การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (Concrete Model) เป็นต้น

3) ขั้นการทดสอบแบบจำลองผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่หากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน (Class-consensus Models) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

4) ขั้นการประเมินแบบจำลองผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเอง โดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบไปขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอนได้แก่

1) การตอบสนองต่องานที่ได้รับ โดยผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนให้แสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับแนวคิดของเรื่องที่จะศึกษา โดยใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ เป็นต้น

2) การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น โดยนักเรียนเป็นผู้รวบรวมข้อมูลเดิมที่ตนเองมีและข้อมูลใหม่จากผู้สอน แล้วจึงตรวจสอบและจัดการข้อมูลเพื่องมือสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ขึ้นมา

3) นำไปใช้และประเมิน ซึ่งนักเรียนจะได้นำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา แล้วจึงประเมินความสามารถของแบบจำลองหรือความสอดคล้องของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ครูผู้สอนจึงมีหน้าที่จะต้องออกแบบคำถามที่ให้นักเรียนเกิดการประเมินอย่างถูกต้องและเหมาะสม

4) การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองอาจจะถูกปฏิเสธหรืออาจจะต้องการการแก้ไขปรับปรุงอีกครั้งตามความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ของแบบจำลอง นักเรียนจึงอาจจะต้องสร้างแบบจำลองใหม่ในขั้นที่ 2 อีกครั้ง

5) ขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่ม หรือรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อให้เกิดแบบจำลองสามารถอธิบายแนวคิดที่หลากหลายมากขึ้น

ณัชกฤต เกื้อทาน (2557) กำหนดลำดับขั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้งหมด 4 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Generation Phase) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองขึ้นมาจากแบบจำลองความคิดของนักเรียน โดยครูใช้คำถามหรือสถานการณ์กระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมามากที่สุด

2) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluation Phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยในขั้นตอนนี้ครูอาจจะใช้ยุทธวิธีต่างๆเช่น การสร้างแบบจำลอง การทดลอง การอุปมาอุปไมย การใช้เหตุการณ์ที่ขัดแย้งกัน ภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์หรือใช้ข้อมูลจากสื่อประกอบ

3) ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (Revise Phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องกลับมาประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกอีกครั้งหนึ่งเพื่อพัฒนาแบบจำลองให้เป็นแบบจำลองมติของกลุ่มโดยในขั้นนี้นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน รวมทั้งครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนในบางประเด็น

4) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration Phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายข้อมูลหรือสถานการณ์อื่นๆที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ในขั้นนี้ครูอาจจะชี้ให้นักเรียนได้เห็นถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง

อารยา ควัฒน์กุล (2558) กำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยเรียงลำดับได้ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลอง โดยผู้สอนใช้วิธีการสร้างความสนใจและชักนำไปสู่ปัญหาที่ต้องการให้เรียนรู้เช่น การใช้สื่อ และการสอบถาม และทำให้นักเรียนได้คิด วางแผนการเพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวความคิดของตน

2) ขั้นตรวจสอบและประเมินแบบจำลอง โดยผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องของแนวความคิดนักเรียน และนำเสนอความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่นักเรียนต้องการสร้างขึ้น นักเรียนจะได้อธิบายแนวคิดการออกแบบแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนต้องแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองที่เกิดจากมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง

3) ขั้นขยายแบบจำลอง โดยนำแบบจำลองไปใช้ในอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกันตลอดจนสร้างแบบจำลองใหม่เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้

วรวัฒน์ ศีลบุตร และบุณนาค สุขุมเมฆ (2561)ได้เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ

1) ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด

2) ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ประกอบด้วย

2.1) การสร้างแบบจำลอง

2.2) การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง

3) ขั้นการอภิปรายทั้งชั้นเรียนสู่การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง

4) ขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน

5) ขั้นขยายแบบจำลอง

จากการศึกษารูปแบบการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยพบว่ารูปแบบการสอนในแต่ละรูปแบบมีลำดับขั้นตอนสำคัญที่คล้ายคลึงกันได้แก่ ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ขั้นการนำแบบจำลองไปใช้งานและประเมิน ขั้นปรับแก้แบบจำลอง ขั้นขยายผลแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงเลือกรวมจุดเด่นของรูปแบบการสอนที่ได้ศึกษาและนำมาใช้เป็นรายละเอียดสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานดังนี้

1) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังจะเรียนรู้ โดยครูผู้สอนได้สอบถามองค์ความรู้เดิมเพื่อให้นักเรียนเกิดการรวบรวมข้อมูลและสร้างแบบจำลองออกมา จากนั้นจึงแสดงออกแบบจำลองทางความคิดผ่านวิธีการที่ครูนำเสนอ เช่น การวาด หรือการเขียนอธิบายเป็นต้น

2) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้งานและประเมินผล เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้แบบจำลองทางความคิดในการทดลองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ทดลองทางความคิด ทดลองใช้อธิบายปรากฏการณ์ตัวอย่าง ทดลองใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ทดลองใช้อธิบายสื่อ เป็นต้น

นักเรียนจะได้พิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองของตนเองในขั้นตอนนี้ และแลกเปลี่ยนประเด็นความคิดเห็นภายในกลุ่ม

3) ขั้นปรับแก้แบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนภายในกลุ่มและครูแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ลงมติและสร้างแบบจำลองมติของกลุ่มขึ้นมาตามวิธีการที่ครูกำหนดให้ในขั้นตอนที่ 1 จากนั้นจึงแบ่งปันให้กลุ่มอื่นดูร่วมกัน ครูผู้สอนมีหน้าที่เสนอแนะข้อมูล ยกตัวอย่างสถานการณ์และให้คำถามเพื่อปรับแบบจำลองให้มีความสอดคล้องและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์มากที่สุด

4) ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้กลุ่มใช้แบบจำลองที่ปรับแก้มาอธิบายสถานการณ์ ปรากฏการณ์ ข้อคำถาม โจทย์ปัญหา เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความถูกต้อง และขอบเขตในการอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น

2.3 แผนผังกราฟิก

2.3.1 ความหมายของแผนผังกราฟิก

Ayverdi, Nakibogl, and Serap (2014) ให้ความหมายของแผนผังกราฟิกว่า แผนผังกราฟิกเป็นทั้งเครื่องมือสำหรับการสอน และเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ เนื่องจากแผนผังกราฟิกเป็นเครื่องมือที่สามารถแสดงระบบของแนวความคิด และความสัมพันธ์ของแนวความคิดได้ในรูปลักษณ์ที่มองเห็นได้อย่างง่าย

Marzano, Pickering, and Pollock (2001, as cited in Hasan, 2017) นิยามแผนผังกราฟิก ว่าเป็นเครื่องมือที่ผสมผสานระหว่างวัจนภาษาเช่นคำและวลี เข้ากับอวัจนภาษาซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ โดยใช้ทั้งสัญลักษณ์เชิงประจักษ์และสัญลักษณ์เชิงมิติ ยกตัวอย่างเช่น เส้น ลูกศร และวงกลม เป็นต้น แผนผังกราฟิกนั้นถูกออกแบบเพื่อให้อธิบายเนื้อหาสาระ โครงสร้างความรู้ มโนทัศน์สำคัญ และความสัมพันธ์ของเนื้อหา และทำให้การเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้นั้นสะดวกยิ่งขึ้น

Tandog and Bucayong (2019) อธิบายว่าแผนผังกราฟิกเป็นทั้งเครื่องมือและตัวช่วยสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมความสามารถของนักเรียนในการจดจำความหมายของคำตลอดจนมุ่งพัฒนาให้เกิดอารมณ์เชิงบวกมากกว่าการพัฒนาความรู้ตามบริบทเนื้อหา

Deborah, Jemison, Sidler-Folsom, and Weber (2019) เสนอว่า แผนผังกราฟิกคือการแสดงลักษณะของคำออกมาในรูปแบบที่มองเห็นได้ และยังรวมไปถึงความเกี่ยวโยงระหว่างคำและคำ ตลอดจนความเกี่ยวโยงระหว่างคำและแนวคิดอีกหลายแนวคิด

นิภาพรรณ โฆษิตสกุลชัย (2551 อ้างถึงใน รัชฎา วิลาศรี, 2553) ได้สรุปเกี่ยวกับผังกราฟิกว่า เป็นขั้นตอนในการสร้างระบบที่ใช้ในการถ่ายทอดจัดระเบียบ อธิบาย แปลความ สังเคราะห์ และสร้างความเกี่ยวโยงระหว่าง ความคิด ความเข้าใจ ความรู้ สารสนเทศ แนวคิด ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ อันเป็นนามธรรม ให้เป็นภาพรวมที่มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยเป็นการเชื่อมโยงให้เข้ากับโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนให้กว้างขวาง ลึกซึ้ง และซับซ้อนยิ่งขึ้น อันเป็นผลทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจ จดจำ และค้นคืน ได้ง่ายดาย รวดเร็ว และชัดเจนยิ่งขึ้น

เดชาทรัพย์ และคณะ (2552 อ้างถึงใน เนตรดาว สร้อยแสง และคณะ, 2562) อธิบายความหมายของไดอะแกรมหรือแผนภาพ ว่าเป็นเทคนิคหรือเครื่องมือที่ใช้สำรวจความรู้เดิมของนักเรียน ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการเตรียมการสอนของครู ช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการคิด และแสดงแบบของการคิดที่ผู้อื่นสามารถเข้าใจง่ายขึ้น สามารถอธิบายและมองเห็นได้อย่างเป็นระบบชัดเจน นอกจากนี้ยังช่วยให้เกิดความคงทนของการเรียนรู้ เพราะนักเรียนจะเห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนไปทั้งหมด อีกทั้งยังช่วยพัฒนาสมองทั้งสองซีกของนักเรียนระหว่างการใช้งานแผนผังกราฟิก

รัชฎา วิลาศรี (2553) เสนอความหมายของผังกราฟิกหรือกราฟิกออร์แกไนเซอร์ คือ รูปแบบ กระบวนการ การนำเสนอสารสนเทศ เพื่อแสดงความคิด มโนทัศน์ อย่างเป็นรูปธรรม เป็นกลยุทธ์ทางปัญญาที่จะสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนกับความรู้เดิม ช่วยจัดระบบความคิดและองค์ประกอบของสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ ตรวจสอบความสอดคล้องสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชา ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงและแนวคิด ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ส่งผลต่อการค้นคืนความรู้จากหน่วยความจำระยะยาว ทำให้จดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้นาน อีกทั้งยังสามารถนำเสนอ อธิบาย แปลความข้อมูล และช่วยให้เข้าใจมโนทัศน์ใหม่ดีขึ้น เอื้อกระบวนการคิด ช่วยให้ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ทิศนา แขมมณี (2556) ให้ควาหมายของแผนผังกราฟิกว่าเป็นเป็นแผนผังทางความคิด ประกอบไปด้วยความคิดหรือข้อมูลที่สำคัญซึ่งถูกเชื่อมโยงในรูปแบบต่าง ๆ กัน และทำให้โครงสร้างของความรู้มีความชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ แผนผังความคิดยังนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาความคิดของนักเรียนได้ เพราะการทำแผนผังกราฟิกจำเป็นต้องมีการแสดงความคิดออกมาให้เป็นรูปธรรม แผนผังกราฟิกจึงมีอยู่หลากหลายประเภทตามความเหมาะสมของเนื้อหาสาระและผู้ใช้งาน ตลอดจนมีการคิดค้นแผนผังกราฟิกรูปแบบใหม่ได้เรื่อย ๆ จากการใช้งาน

สุมาลี ชูบุญ (2560) ให้ความหมายของแผนผังความคิด คือ การจัดระบบระเบียบข้อมูลความคิด โดยใช้แผนภาพรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบในลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันอย่างเป็นระบบ ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบแผนการจัดเนื้อหาและข้อมูล แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ช่วยให้เกิดความเข้าใจและจดจำข้อมูลหรือเนื้อหาสาระได้อย่างถาวร

จากการค้นคว้าข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปว่า แผนผังกราฟิกเป็นเครื่องมือและตัวช่วยในการจัดการเรียนรู้ซึ่งทำให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของตน ทำให้ผู้เรียนเกิดอารมณ์เชิงบวกต่อการเรียนรู้และเกิดการพัฒนาทักษะการคิดระหว่างการเรียนรู้ แผนผังกราฟิกมีลักษณะเป็นสื่อผสมระหว่างวัจนภาษาเช่น คำ วลี และอวัจภาษาเช่น ลูกศร รูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ เพื่ออธิบายข้อมูลสำคัญที่ต้องการสื่อสารออกมาเป็นแผนผัง ภาพที่เป็นรูปธรรม แผนผังกราฟฟิกจึงมีลักษณะที่หลากหลายตามข้อมูลที่ต้องการสื่อ อาทิ การอธิบายเนื้อหาสาระ การจัดกลุ่มและการอธิบายระบบความรู้ มโนทัศน์ แนวความคิด ความสัมพันธ์ขององค์ความรู้

2.3.2 รูปแบบของแผนผังกราฟิก

น้ำผึ้ง มีนิล (2545 อ้างถึงใน รัชฎา วิลาศรี, 2560) อธิบายรูปแบบแบบต่างๆในการใช้เทคนิคผังกราฟิก โดยใช้วัตถุประสงค์ของการอธิบายความรู้เป็นเกณฑ์ทั้งหมด 5 แบบ ดังนี้

1) แผนผังกราฟิกที่มีวัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลที่เป็นมโนทัศน์ เช่น

1.1) ผังมโนทัศน์ (Concept map) ซึ่งแสดงความคิดรวบยอดใหญ่ไว้ตรงกลางหรือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหญ่ และมโนทัศน์ย่อยๆเป็นลำดับขั้นด้วยเส้นเชื่อมโยง

1.2) ผังความคิด (Mind map) ที่แสดงความสัมพันธ์ของประเด็นความรู้ย่อย ๆ หรือความคิดต่างๆ ให้เห็นเป็นโครงสร้างของความรู้ทั้งหมด

2) แผนผังกราฟิกที่มีวัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลที่เป็นการเปรียบเทียบ เช่น

2.1) เวนน์ไดอะแกรม (Venn Diagram) เป็นผังกราฟิกที่เหมาะสำหรับการนำเสนอประเด็นอย่างน้อย 2 ประเด็นซึ่งมีทั้งความคล้ายคลึง และความแตกต่างกันด้วยผังวงกลม 2 วง หรือมากกว่า

2.2) ทีชาร์ต (T-Chart) เป็นผังกราฟิกที่แสดงความแตกต่างของความรู้โดยเปรียบเทียบข้อมูลที่มีลักษณะตรงข้ามกัน

2.3) ตารางเปรียบเทียบ (Comparison Matrix) เป็นผังกราฟิกที่เสนอความเหมือนและความแตกต่างของข้อมูลในรูปแบบของตาราง

3) แผนผังกราฟิกที่มีวัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลที่เป็นเหตุเป็นผล เช่น ผังก้างปลา (Fish Bone) เป็นผังกราฟิกที่นำเสนอให้เห็นถึงสาเหตุ และผลเกี่ยวกับความรู้

4) แผนผังกราฟิกที่มีวัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลที่เป็นการเรียงลำดับเหตุการณ์ หรือขั้นตอน ยกตัวอย่างเช่น

4.1) ผังเรียงลำดับ (Event Chain) เป็นผังกราฟิกที่ใช้เรียบเรียงลำดับเหตุการณ์หรือขั้นตอนต่าง ๆ

4.2) ผังวัฏจักร (Cyclical Map) เป็นผังกราฟิกที่แสดงขั้นตอนและกระบวนการที่ต่อเนื่องกันเป็นวงกลม หรือเป็นวัฏจักรที่ไม่ได้มีจุดตั้งต้นหรือจุดจบที่แน่นอนที่แน่นอน

4.3) Flowchart Diagram เป็นผังกราฟิกที่มีลักษณะเป็นลำดับขั้นตอนที่มีได้หลายทิศทาง

5) ผังกราฟิกที่มีวัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลที่เป็นการจัดหมวดหมู่และการแบ่งประเภท ได้แก่ ผังการจำแนกประเภทของข้อมูล (Classify Organizer) ซึ่งเป็นผังกราฟิกที่ใช้แสดงการจัดประเภทข้อมูลที่ทำการศึกษา โดยต้องกำหนดเกณฑ์จำแนกตามสมบัติบางประการที่มีอยู่ร่วมกันเสมอ

กุลธิดา มีสมบูรณ์ (2560) ได้เสนอรูปแบบของแผนภาพกราฟิกไว้ โดยจำแนกตามระบบการจัดการข้อมูลและเป้าหมายในการนำเสนอแผนผัง ดังนี้

1) เพื่อแสดงมโนทัศน์และสาระสำคัญของข้อมูล ได้แก่ ผังความคิด (Mind Map) ผังมโนทัศน์ (Concept Map) ผังใยแมงมุม (Spider Web) เป็นต้น

2) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล ได้แก่ เวนน์ไดอะแกรม (Venn diagram) ผังทีชาร์ท (T-Chart) แผนภูมิภาพ แผนภูมิตาราง เป็นต้น

3) เพื่อเสนอข้อมูลที่เป็นเหตุเป็นผลกัน ได้แก่ ผังก้างปลา (Fishbone Map) เป็นต้น

4) เพื่อแสดงขั้นตอน ลำดับ กระบวนการของข้อมูลเช่น ผังลำดับขั้นตอน (A Sequential Map) ผังวัฏจักร (Circle Map) เป็นต้น

5) เพื่อแสดงการจัดกลุ่มข้อมูลหรือแนวความคิด เช่น แผนภูมิกง (Pie Chart) ผังมองต่างมุม (Thinking at Right Angles) แผนภูมิเป้าหมาย (Target) เป็นต้น

ซากุราดะ (2560) ได้อธิบายการสรุปและสื่อสารข้อมูลด้วยแผนผังกราฟิกทั้งหมด 7 รูปแบบได้แก่

1) แผนภาพแลกเปลี่ยน คือ แผนภาพที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ทั้งหมดของปรากฏการณ์ โดยทำการระบุตัวแปรทั้งหมดและเขียนลูกศรแสดงการแลกเปลี่ยน จากนั้นจึงเติมสิ่งที่นำมาแลกเปลี่ยน

2) แผนภาพต้นไม้ คือ แผนภาพที่ใช้แสดงโครงสร้างจากหมวดหมู่และองค์ประกอบโดยเริ่มจากการแจกแจงความรู้ทั้งหมดออกเป็นประเด็นย่อย ๆ และจัดหมวดหมู่ประเด็นที่เกิดขึ้นโดยลากเส้นเชื่อมต่อ แล้วจึงนำมารวมเป็นแผนภาพต้นไม้เพียงหนึ่งเดียว

3) แผนภาพเชิงลึก คือ แผนภาพเพื่อใช้ในการพิจาณาข้อสงสัยหรือปัญหาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยเริ่มจากการยกปรากฏการณ์ที่สงสัยขึ้นมา และแตกลูกศรออกเป็นสมมุติฐานที่เกี่ยวข้องขึ้นมาอีกอย่างน้อย 2 สมมุติฐาน จากนั้นจึงเสนอสมมุติฐานใหม่อย่างน้อย 2 สมมุติฐาน เพื่อตอบสมมุติฐานเดิมเรื่อย ๆ จนกว่าจะเสนอสมมุติฐานที่เกี่ยวข้องไม่ได้อีก สุดท้ายจึงนำสมมุติฐานทั้งหมดมาพิจารณาเพื่อจัดหมวดหมู่หาคำตอบของปัญหาในตอนแรก

4) แผนภาพเปรียบเทียบ คือ แผนภาพที่ใช้เปรียบความแตกต่างของข้อมูลจำนวนมากในประเด็นต่าง ๆ ด้วยแกนแนวตั้งและแกนแนวนอน โดยเริ่มจากกำหนดประเด็นพิจารณาที่สำคัญที่สุดไว้ทางด้านบนของแกนแนวตั้ง และกำหนดประเด็นรองที่สำคัญที่สุดไว้ทางด้านขวาของแกนนอน จากนั้นจึงวางตำแหน่งของข้อมูลลงบนแผนภาพ ซึ่ง ซากุราดะ ได้เสนอว่าข้อมูลที่เหมาะสมกับแผนภาพชนิดนี้เป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ

5) แผนภาพขั้นตอน คือ แผนภาพที่ใช้แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ด้วยกล่องข้อความรูปลูกศรต่อกัน โดยเริ่มจากการพิจารณาจำนวนขั้นตอนทั้งหมดเพื่อนำมาเตรียมกล่องข้อความ จากนั้นจึงเติมข้อความและขัดเกลาข้อความให้กระชับและเข้าใจง่ายขึ้น

6) แผนภาพวงกลม คือ แผนภาพที่ใช้เน้นจุดเด่นของแนวคิดหรือมโนทัศน์ตลอดจนองค์ความรู้ที่ซับซ้อนเพียงหนึ่งเดียว โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ประเด็นสำคัญที่ผสมผสานกันอยู่ภายในแนวคิดหรือมโนทัศน์ จากนั้นเขียนเนื้อหาภายวงกลมและนำมาซ้อนทับกัน

7) แผนภาพพีระมิด คือ แผนภาพที่ใช้แสดงทิศทางของกระบวนการ หรือมโนทัศน์ย่อย เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายและผลลัพธ์ที่ต้องการ ตลอดจนใช้แสดงความสำคัญของลำดับกระบวนการ และมโนทัศน์ย่อย โดยเริ่มจากการกำหนดหรือวิเคราะห์ขั้นตอนสู่เป้าหมายที่ต้องการ จากนั้นจึงวาดพีระมิดที่มีจำนวนขั้นตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ และเติมประเด็นหลักที่ต้องทำลงในแต่ละขั้นให้สอดคล้องจากล่างขึ้นบน โดยมีเป้าหมายและแนวคิดสำคัญอยู่ที่ยอดพีระมิด สุดท้ายจึงอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นหลักในแต่ละขั้น และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาเพิ่มเติมจากบนลงล่าง

สุมาลี ชูบุญ (2560) ได้สรุปและนำเสนอรูปแบบของผังกราฟิกตามลักษณะของข้อมูลหรือเนื้อหาสาระที่มีเหมาะสมกับการใช้รูปแบบผังกราฟิกแต่ละรูปแบบ ได้แก่

1) แผนผังกราฟิกเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอด คือ แผนผังกราฟิกที่นำเสนอกระบวนการคิด สาระความรู้ หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล เชื่อมโยงข้อเท็จจริงสู่แนวความคิด ตัวอย่างเช่น ผังมโนทัศน์ (Concept Mapping)

2) แผนผังกราฟิกแสดงความสัมพันธ์ คือ แผนผังที่อธิบายกระบวนการแยกแยะข้อเท็จจริงเปรียบเทียบความเหมือนความต่าง หรือความสอดคล้อง ตัวอย่างเช่น เวนน์ไดอะแกรม (Venn Diagram) ทีชาร์ท (T-chart) ตารางสัมพันธ์ (Matrix Diagram)

3) แผนผังกราฟิกแสดงความเชื่อมโยงเหตุและผล คือ แผนผังที่นำเสนอประเด็นที่สัมพันธ์กันในเชิงความเป็นเหตุและผลตัวอย่างเช่น ผังใยแมงมุม (Spider Map) และผังแสดงเหตุผล (Cause and Effect Diagrams)

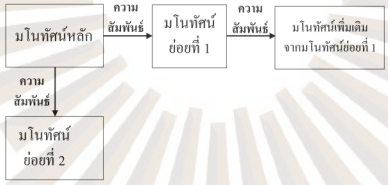
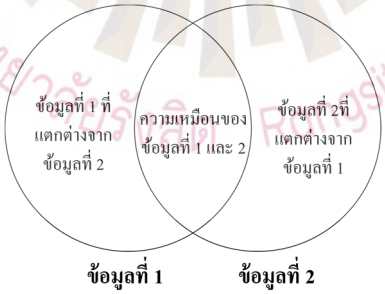
4) แผนผังกราฟิกนำเสนอข้อมูลที่มีการจัดเรียงลำดับข้อมูลโดยสัมพันธ์กับระยะเวลา พัฒนาการ กระบวนการ ขั้นตอนหรือความสัมพันธ์อื่นที่มีความจำเพาะเจาะจง ตัวอย่างเช่น เส้นเวลา (Timeline) ผังวัฏจักร (Cycle Diagrams)

5) แผนผังกราฟิกเพื่อใช้จัดจำแนกประเภท อาทิ แผนภูมิต้นไม้ (Tree Chart) เป็นต้น

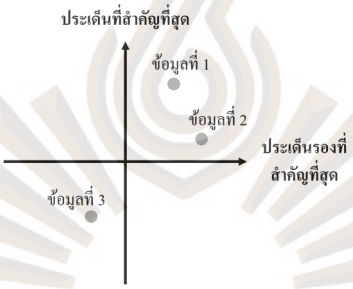
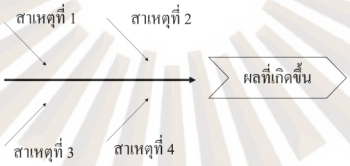
6) แผนผังกราฟิกที่ใช้ในการสรุปหรือเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิม อาทิ กรอบใจความสำคัญ (Main Idea Grid) แผนภูมิทางปัญญา (Mind Mapping or Semantic Mapping) ผังทบทวนความรู้เดิม (Prior Knowledge Map) เป็นต้น

จากการศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แผนผังกราฟิกเป็นแผนผังที่มีชื่อเรียกที่หลากหลาย แต่มีจุดประสงค์ที่เหมือนกันคือ เน้นการผสมสานระหว่างภาษาและรูปทรงเรขาคณิตเพื่อนำเสนอแลกเปลี่ยนข้อมูล แผนผังกราฟิกจึงมีความแตกต่างกันตามลักษณะข้อมูลที่ต้องการสื่อสาร ผู้วิจัยจึงจัดจำแนกรูปแบบของแผนผังกราฟิกได้ 9 รูปแบบตามจุดประสงค์การใช้งาน และสร้างตารางเพื่อเปรียบเทียบแผนผังกราฟิกที่มีจุดประสงค์เดียวกัน โดยระบุวรรณกรรมที่นำเสนอเกี่ยวกับแผนผังกราฟิกเหล่านั้นดังนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบแผนผังกราฟิกตามจุดประสงค์การใช้งาน

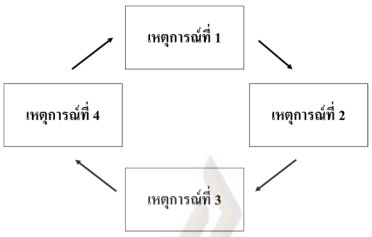
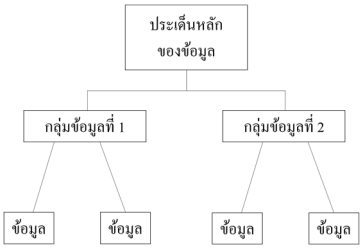
จุดประสงค์การใช้งาน	ชื่อแผนผังกราฟิก	ภาพแผนผัง	น้ำผึ้ง มีนิล, 2545	กุลธิดา มีสมบูรณ์, 2560	สุมาลี ชูบุญ, 2560	ซากุราดะ, 2560
1. เพื่อแสดงเนื้อหาสาระและมโนทัศน์โดยตรง	แผนผังความคิด		✓	✓	✓	-
	ผังมโนทัศน์		✓	✓	✓	-
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล	แผนภาพเวนน์ (Venn Diagram)			✓	✓	-
	ที-ชาร์ท (T-Chart)		-	✓	✓	-

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบแผนผังกราฟิกตามจุดประสงค์การใช้งาน (ต่อ)

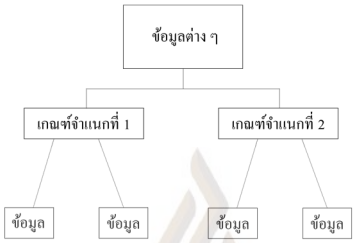
จุดประสงค์การใช้งาน	ชื่อแผนผังกราฟิก	ภาพแผนผัง	น้ำผึ้ง มีนิล, 2545	กุลธิดา มีสมบูรณ์, 2560	สุมาลี ชูบุญ, 2560	ซากุราดะ, 2560
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล (ต่อ)	ตารางสัมพันธ์ (Matrix Diagram)		-	-	✓	-
	แผนภาพเปรียบเทียบ		-	-	-	✓
3. เพื่อแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุและผล	ผังก้างปลา (Fish Bone)		-	✓	-	-
4. เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงการแลกเปลี่ยน	แผนภาพแลกเปลี่ยน		-	-	-	✓
5. เพื่อแสดงขั้นตอนลำดับกระบวนการ	แผนภาพขั้นตอน (Event Chain)	 	✓	✓	-	✓

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบแผนผังกราฟิกตามจุดประสงค์การใช้งาน (ต่อ)

จุดประสงค์การใช้งาน	ชื่อแผนผังกราฟิก	ภาพแผนผัง	น้ำผึ้ง มีนิล, 2545	กุลธิดา มีสมบูรณ์, 2560	สุมาลี ชูบุญ, 2560	ซากุราดะ, 2560
5. เพื่อแสดงขั้นตอนลำดับกระบวนการ (ต่อ)	แผนผังวัฏจักร (Cyclical Map)		✓	✓	✓	-
	เส้นเวลา (Timeline)		-	-	✓	-
6. เพื่อแสดงทิศทางและความสำคัญของขั้นตอน	แผนภาพพีระมิด		-	-	-	✓
7. เพื่อจัดจำแนกกลุ่มแนวคิดและความรู้	แผนภาพวงกลม (Pie Chart)		-	✓	-	-
	แผนภาพต้นไม้ (Tree Chart)		-	-	✓	✓

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบแผนผังกราฟิกตามจุดประสงค์การใช้งาน (ต่อ)

จุดประสงค์การใช้งาน	ชื่อแผนผังกราฟิก	ภาพแผนผัง	น้ำผึ้ง มีนิล, 2545	กุลธิดา มีสมบูรณ์, 2560	สุมาลี ชูบุญ, 2560	ซากุราดะ, 2560
7. เพื่อจัดจำแนกกลุ่มแนวคิดและความรู้ (ต่อ)	แผนผังจำแนกข้อมูลและกฎเกณฑ์ (Classify organizer)		✓	-	-	-
8. เพื่อเน้นจุดเด่นของแนวคิดและมโนทัศน์เพียงหนึ่งเดียว	แผนภาพวงกลม		-	-	-	✓
9. เพื่อพิจารณาข้อสงสัย	แผนภาพเชิงลึก		-	-	-	✓

2.4 แบบจำลองทางความคิด

2.4.1 ความหมายของแบบจำลองทางความคิด

Gilbert and Justi (2016, p. viii) ได้เสนอว่า แบบจำลองทางความคิดเป็นลักษณะของแบบจำลองที่เกิดขึ้นภายในความคิดของผู้สร้างแบบจำลอง และสามารถแสดงออกในทางกายภาพได้หลากหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบของท่าทาง (ท่าทางเพื่อบอกลักษณะและตำแหน่งของวัตถุ)

รูปแบบจากวัสดุ (แบบจำลองลูกบอลและก้านไม้สำหรับโมเลกุล) รูปแบบเชิงประจักษ์ (แผนผังแสดงวิถีการย่อยอาหารระดับเซลล์) รูปแบบทางภาษา (การเปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมกับระบบสุริยจักรวาล)รูปแบบทางสัญลักษณ์ (สมการเคมี) และรูปแบบการจำลอง (การจำลองในคอมพิวเตอร์) แบบจำลองทางความคิดจึงมีลักษณะหลากหลายอาทิ ลักษณะวัตถุ (เช่น ไวรัส) ลักษณะของระบบ (เช่น ระบบหมุนเวียนเลือด) ลักษณะของกระบวนการ (การคายพลังงานของสสาร) ลักษณะของเหตุการณ์ (เช่น การโจมตีไวรัสของเซลล์เม็ดเลือดขาว) ลักษณะของแนวความคิด (เช่น เวกเตอร์ของแรง) ตลอดจนการจัดกระทำข้อมูลใดๆ เกี่ยวกับข้อมูลที่มีลักษณะเช่นดียวกัน

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพจนารถ สุวรรณรุจิ (2557, น. 39) นิยามแบบจำลองทางความคิด คือ แบบจำลองภายในสมองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายลักษณะหรือปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้น โดยแบบจำลองจะมีลักษณะเฉพาะบุคคลซึ่งเกิดจากการให้ความหมายจากประสบการณ์ของตนเอง

หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล (2559, น. 14-15) เสนอว่า แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองส่วนบุคคลที่สร้างจากกระบวนการทางปัญญา และมีความสัมพันธ์กับการจินตนาการภาพในการสร้างแบบจำลอง เมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ใหม่หรือกระบวนการใหม่ แบบจำลองประเภทนี้จะเกิดการปรับเปลี่ยนไป โดยพิจารณาคัดเลือกผสมผสานสถานการณ์เดิม กับสถานการณ์หรือกระบวนการใหม่

แบบจำลองทางความคิดเป็นรูปแบบการแสดงออกที่เป็นตัวแทนของความจริงที่เกิดขึ้นในสมองของแต่ละบุคคลที่อธิบายถึงสถานการณ์ที่ได้รับและเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากการรับรู้กับจินตนาการเพื่อแสดงออกมาเป็นตัวแทนสำหรับสถานการณ์นั้น โดยอาศัยเจตคติและประสบการณ์เดิม ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อได้รับแนวคิดใหม่จากการได้รับการอบรมฝึกหัดหรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง (ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ, 2561)

แบบจำลองทางความคิด คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนความรู้ของบุคคล และและเป็นโครงหลักของความรู้ในตัวบุคคล แบบจำลองทางความคิดจึงประกอบด้วยองค์ประกอบหลายองค์ประกอบที่สอดคล้องกันเพื่ออธิบายปรากฏการณ์บางอย่าง ทำให้แบบจำลองทางความคิดมีหน้าที่เหมือนการจำลองในคอมพิวเตอร์ (Computer Stimulation) เพราะแบบจำลองทางความคิดช่วยให้ผู้เรียนเกิด

กระบวนการจำลองเหตุการณ์หรือข้อมูลภายในความคิดของตนเอง และนำมาทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้น (Taber, 2013, as cited in Korhasan & Wang, 2016, p. 1)

แบบจำลองทางความคิดเป็นโครงสร้างความรู้เชิงนามธรรมที่อยู่ภายในความคิดและไม่สามารถวัดได้โดยตรง แบบจำลองทางความคิดจึงมักอธิบายแทนด้วยคำพูดหรือรูปภาพ ซึ่งอาจเกิดจากเงื่อนไขที่แตกต่างกันตามแต่ละบุคคล (Akaygun, 2016, p. 791)

แบบจำลองทางความคิด คือ ตัวแทนของปรากฏการณ์เฉพาะภายในตัวบุคคล ซึ่งแบบจำลองทางความคิดนี้สามารถถ่ายทอดสู่ภายนอกตัวบุคคลได้โดยการวาดรูปและการเขียน (Cheng & Lin, 2015, p. 2459)

แบบจำลองทางความคิด หมายถึง ภาพวาด ภาษา สัญลักษณ์ ลักษณะท่าทางหรือสิ่งของที่นักเรียนสร้างขึ้นตามความคิดของตนเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุ เหตุการณ์ แนวคิด กระบวนการ หรือระบบเพื่อนำมาอธิบายหรือบรรยายเหตุการณ์ทางธรรมชาติ แบบจำลองทางความคิดจะไม่สมบูรณ์ มีข้อบกพร่อง ไม่ชัดเจน ไม่ปะติดปะต่อ และไม่สอดคล้องกันด้วยการรับรู้ที่เปลี่ยนแปลงไป (ฮามีด๊ะ มูสอ, 2555, น. 20)

แบบจำลองความคิด หมายถึง ภาพสะท้อนถึงจินตนาการ ระบบ รูปแบบ และโครงสร้างทางความคิดซึ่งเกิดขึ้นภายในสมองของนักเรียนแต่ละคน โดยจะแสดงออกมาในรูปของภาษา การเขียน การใช้สัญลักษณ์ การวาดภาพ ลักษณะท่าทาง และวัตถุหรือรูปธรรม (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557, น. 7)

แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) คือ การเป็นตัวแทนทางจิตซึ่งเกิดขึ้นในความคิดของบุคคลเมื่อได้รับประสบการณ์และเกิดการสร้างความรู้ในปรากฏการณ์ที่พบเห็น (Ornek, 2008, pp. 35-42 อ้างถึงจาก โกเมศ นาแจ้ง, 2554, น. 33)

แบบจำลองทางความคิด ถูกนิยามว่าเป็นแบบจำลองภายในความคิดที่ทำให้เกิดการให้เหตุผลในเชิงอุปนัยและนิรนัย และแบบจำลองภายในความคิดที่ใช้ในสื่อสารผ่านสื่อที่หลากหลาย เช่น ภาษา รูปภาพ สัญลักษณ์และวัตถุ นอกจากนี้ แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้อง (Coherent Mental Model) ก็เป็นแบบจำลองทางความคิดที่สามารถเกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ได้ โดยหมายถึง

ตัวแทนประสบการณ์เชิงรูปธรรม แนวความคิด ความคิด ความรู้สึกของบุคคลที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ (Mayer, 1989, as cited in Seel, 2017, pp. 4-6)

แบบจำลองทางความคิดเป็นตัวแทนที่มีความเฉพาะเจาะจง ซึ่งเกิดจากบุคคลหรือกลุ่มบุคคล ยกตัวอย่างเช่น กลุ่มนักศึกษาด้านเคมีทุกคนต้องมีแบบจำลองทางความคิดของอะตอม ในกลุ่มนักศึกษาด้านชีววิทยาจะต้องมีแบบจำลองทางความคิดของไวรัส หรือในกลุ่มของนักศึกษาด้านฟิสิกส์ที่มีแบบจำลองของกระแสไฟฟ้า แบบจำลองทางความคิดมีคุณลักษณะตามธรรมชาติ คือ บุคคลอื่นไม่สามารถเข้าถึงแบบจำลองทางความคิดของผู้ที่มีได้ แต่การบอกเล่าแบบจำลองโดยผู้ที่มีแบบจำลองทางความคิด จะทำให้แบบจำลองทางความคิดของผู้นั้นปรากฏออกมาให้บุคคลอื่นรับรู้ได้ (Gilbert, 2004, p. 117)

แบบจำลองทางความคิดคือตัวแทนของวัตถุ แนวคิดหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในความคิดของบุคคล โดยแบบจำลองเกิดนี้ขึ้นระหว่างที่บุคคลกำลังใช้ปัญญาเพื่อให้เหตุผล ให้ความหมาย ให้คำอธิบาย หรือให้การพยากรณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์บางอย่างได้ แบบจำลองทางความคิดจึงแบ่งได้ออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1) แบบจำลองทางความคิดเชิงกายกายภาพซึ่งเป็นตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพ

2) แบบจำลองทางความคิดเชิงมโนทัศน์ ซึ่งเป็นตัวแทนของความรู้รวบยอดหรือเป็นตัวแทนเชิงนามธรรมที่ช่วยจำกัดการให้เหตุผลให้เป็นไปอย่างเหมาะสม (Buckley & Boulter, 2000; Harrison & Treagust, 2000; Briggs, 2004; Coll & Treagust, 2003, as cited in Wang, 2007, p. 11)

แบบจำลองทางความคิดสามารถจัดจำแนกได้ 3 ระดับ ซึ่งแต่ละระดับจะมีความหมายที่แตกต่างกันไป ได้แก่

1) แบบจำลองทางความคิดระดับที่ 1 เป็นแบบจำลองทางความคิดที่มีลักษณะเป็นของเล่นหรือสิ่งจำลองจากความเป็นจริง แบบจำลองในระดับนี้เป็นแบบจำลองซึ่งเกิดจากประสบการณ์อื่นที่ไม่ใช่ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหา ไม่ได้เกิดขึ้นจากแนวคิดหรือความรู้และไม่สามารถนำมาใช้อธิบายหรือแก้ปัญหาได้

2) แบบจำลองทางความคิดระดับที่ 2 เป็นแบบจำลองทางความคิดที่สามารถระบุรายละเอียดได้จำเพาะและชัดเจน แบบจำลองในระดับนี้เป็นแบบจำลองที่มีพื้นฐานบนแนวคิด

ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัญหา เช่น ความรู้เกี่ยวกับปัญหา วิธีแก้ไขปัญหาที่จำเพาะเจาะจง ปรากฏการณ์ที่แจ่มแจ้งเกี่ยวกับปัญหา แต่ไม่สามารถพัฒนาเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้

3) แบบจำลองทางความคิดระดับที่ 3 เป็นแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาและตรวจสอบแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ตลอดจนแบบจำลองที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงในการทดสอบ แบบจำลองในระดับนี้มีลักษณะแบบพลวัต กล่าวคือ เป็นแบบจำลองที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามแนวคิดและเนื้อหาความรู้ที่ได้รับ แบบจำลองในระดับจึงสามารถนำมาพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาและทำให้ได้คำตอบหรือทางแก้ปัญหาที่หลากหลายได้ (Jansoon, Coll & Somsook, 2009, as cited in Supriyatman, Suhandi, Rusdiana, Samsudin, & Wibowo, 2017, p. 4)

แบบจำลองทางความคิดถูกนิยามว่าเป็น “ การเปรียบเทียบโลกภายนอกในลักษณะของโครงสร้าง” (Structural Analogues of The World) ซึ่งในที่นี้คือ โครงสร้างของความรู้ แบบจำลองทางความคิดมีความเกี่ยวโยงและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่กำลังจำลองอยู่สองประเด็นคือ ประเด็นขององค์ประกอบที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ขึ้น และประเด็นของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้ ดังนั้นแบบจำลองทางความคิดจึงไม่ใช่ตัวแบบที่มีลักษณะเหมือนกับปรากฏการณ์ทุกประการ แต่แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจทำความเข้าใจเกี่ยวกับต้นเหตุและปัจจัยที่ผลต่อปรากฏการณ์ ตลอดจนวิธีการในการควบคุมปรากฏการณ์ได้ ดังนั้นเป้าหมายหลักของแบบจำลองทางความคิดจึงอยู่ในฐานะเป็นตัวดำเนินการที่ทำให้นักเรียนสามารถแปลผลปรากฏการณ์ อธิบายปรากฏการณ์ สรุปผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ และทำนายผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ได้ แบบจำลองทางความคิดจึงเป็นแนวความคิดอีกอย่างหนึ่งของการเรียนรู้ เพราะแบบจำลองทางความคิดทำให้เห็นว่าการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนที่ไม่ถูกต้อง ให้เป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นตามแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับในแวดวงวิทยาศาสตร์ (Johnson-Laird, 1983; Franco & Colinvaux, 2000; Greca & Moreira, 2001, as cited in Dankenbring, 2014, p. 40)

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองทางความคิด ผู้วิจัยจึงสรุปว่า แบบจำลองทางความคิดเป็นแบบจำลองของความรู้และปรากฏการณ์ธรรชาติภายในสมอง ซึ่งเกิดขึ้นจากประสบการณ์จินตนาการ และการรับรู้ของบุคคล แบบจำลองทางความคิดยังเกิดขึ้นได้ระหว่างกระบวนการให้เหตุผล ให้ความหมาย ให้คำอธิบายและการทำนายความรู้และปรากฏการณ์ แบบจำลองทางความคิดจึงมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความเจาะจงต่อกลุ่มบุคคลที่มีองค์ความรู้คล้ายกัน มีความเป็นนามธรรมสูงและเป็นสิ่งที่บุคคลอื่นเข้าถึงไม่ได้ อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีแบบจำลองทาง

ความคิดสามารถถ่ายทอดออกมาได้หลากหลายรูปแบบ อาทิ ถ่ายทอดผ่านท่าทาง ถ่ายทอดผ่านวัสดุ ถ่ายทอดผ่านภาพหรือแผนผัง ถ่ายทอดโดยใช้ภาษา ถ่ายทอดโดยใช้สัญลักษณ์ ถ่ายทอดโดยสร้างแบบจำลองในโลกจริงขึ้นมา ทำให้ลักษณะของแบบจำลองทางความคิดนั้นหลากหลายตามลักษณะการถ่ายทอด เช่น มีลักษณะเป็นกระบวนการ เหตุการณ์หรือ แนวคิด เป็นต้น แบบจำลองทางความคิดยังมีส่วนสำคัญในการทำให้บุคคลสามารถแปลความ อธิบาย สรุปผล และทำนายปรากฏการณ์ที่พบได้

2.4.2 การวัดแบบจำลองทางความคิด

Dankenbring (2014) ได้อธิบายว่า เทคนิคการวาดและอธิบาย (The Draw-and-Explain Technique) เป็นเทคนิคหลักที่ถูกใช้เพื่อวัดแบบจำลองทางความคิด เพราะเทคนิคนี้ทำให้ผู้วิจัยเห็น “ภาพถ่าย” เกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจหาไม่ได้จากเทคนิคอื่น เพราะการให้คำอธิบายประกอบการวาดรูปของนักเรียน จะทำให้นักเรียนสามารถอธิบายและขยายความหมายของแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนเสนอออกมาได้มากขึ้น การวัดด้วยวิธีนี้ยังช่วยแก้ปัญหาการแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ขาดความสามารถในการสื่อสาร โดยเฉพาะการสื่อสารผ่านการพูดหรือการเขียนเชิงบรรยาย การประเมินในรูปแบบนี้จึงทำให้ผู้สอนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนกลุ่มนี้ได้มากขึ้น และช่วยให้ผู้วิจัยแปลผลข้อมูลได้ถูกต้องยิ่งขึ้น แม้ว่ากระบวนการนี้ไม่สามารถทำให้นักเรียนเขียนรายละเอียดทุกอย่างเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดลงบนกระดาษได้ แต่กระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนแสดงความรู้ที่สำคัญเกี่ยวกับความเข้าใจของตนเองได้ ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้โดยใช้การวิเคราะห์เชิงอุปนัยเพื่อสร้างระบบกำหนดรหัสข้อมูลและระบบจำแนกแบบจำลองทางความคิดได้ของนักเรียนได้

Ozcan and Gercek (2015, p. 2196) ได้ระบุว่า แบบจำลองทางความคิดสามารถวัดออกมาได้โดยการใช้คำถามปลายเปิด การวาดรูปของนักเรียน และการวาดรูปตัวแทนของเหตุการณ์ประกอบการอธิบาย

Sunyono and Yulianti (2015, p. 43) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบแบบจำลองโครงสร้างอะตอม ซึ่งได้ปรับปรุงจากแบบทดสอบของ Wang (2007) และ Park and Light (2009) โดยมีลักษณะเป็น

แบบทดสอบที่เขียนตอบแบบบรรยายประกอบกับรูปภาพในระดับจุลภาค (Submicroscopic Images) ประกอบข้อคำถาม ทั้งหมด 4 ข้อโดยเน้นให้นักเรียนได้อธิบายเหตุผลและวาดรูปเพื่อตอบคำถามในแบบทดสอบ

Ozcan and Bezen (2016, p.632) ดำเนินการศึกษาและวัดแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับแนวของคิดแรงและความเร็วโดยใช้คำถามปลายเปิดทั้งหมด 4 ข้อในลักษณะการเขียนตอบ แล้วจึงทำการสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้างเกี่ยวกับเนื้อหาโดยผู้เข้าสัมภาษณ์สามารถใช้เวลาได้มากเท่าที่ต้องการ ข้อมูลของผู้เข้าสัมภาษณ์ทั้งหมดจะถูกเข้ารหัสเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเชิงอุปนัย ซึ่งในการวิเคราะห์จะต้องทำให้จำนวนประเภทของแบบจำลองน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Lowest Number of Categories) และต้องจำแนกได้เป็นประเภทของแบบจำลองทางความคิดที่สะท้อนเนื้อหาได้เป็นอย่างดี

กล่าวได้ว่า ผลวิจัยในเชิงคุณภาพของงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดจึงตั้งอยู่บนแนวคิดของคำพูดและรูปภาพนักเรียน ที่สามารถสะท้อนสิ่งที่นักเรียนคิดว่ามีสำคัญและมีความหมายต่อตนเองมากที่สุดเกี่ยวกับความรู้รวบยอดเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ การวัดแบบจำลองทางความคิดโดยใช้การวาดประกอบการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างจึงเป็นวิธีการวัดที่เหมาะสมและเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้เข้าใจคุณลักษณะหลาย ๆ อย่างเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555, น. 21-22) อธิบายว่า การวัดแบบจำลองทางความความคิดสามารถทำได้โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่ออธิบายแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ดังนี้

1) การแก้ปัญหา (Problem Solving)

2) การใช้ภาษา (Verbal Report)

3) การวาดรูป (Drawing) ซึ่งต้องอาศัยการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อป้องกันการเข้าใจผิดจากการตีความ

4) การเขียนแผนผังความคิด

จากการค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการวัดแบบจำลองทางความคิดนั้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดแบบจำลองทางความคิดต้องอาศัยสถานการณ์กระตุ้น อาทิ การแก้ปัญหา การตีความคำถามปลายเปิด และข้อคำถามจากการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เป็นต้น จากนั้นให้นักเรียนตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ด้วยการอธิบายแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ผ่านการ

สื่อสารทางภาษาและวาดรูปเป็นส่วนใหญ่ เช่น การเขียนตอบบรรยายและวาดภาพตัวแทนเหตุการณ์เป็นต้น การวัดแบบจำลองทางความคิดด้วยวิธีนี้เป็นที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการสื่อสารทั้งสองรูปแบบต่อสถานการณ์เดียวกัน ทำให้ผู้วิจัยรับรู้เกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดชั่วขณะหนึ่งของนักเรียนได้ และยังช่วยให้นักเรียนที่ขาดความสามารถในการอธิบายด้วยภาษา สามารถอธิบายแบบจำลองทางความคิดของตนเองได้ดีขึ้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับความคิดเดิม สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน และมีการร่วมกันอภิปรายกับเพื่อนในห้อง ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.0 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องทฤษฎีกรด-เบสและสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองวิทยาศาสตร์

ละมัย โชคชัย, เอกรัตน์ ทานาค, และพรรณนภา ศักดิ์สูง (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ร้อยละ 62.00 รองลงมามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์(PU) ร้อยละ 20.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) ร้อยละ 11.00 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU&MU) ร้อยละ 7.00 และไม่มีแนวคิด (NU) ร้อยละ 0.00 โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ เซลล์ หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต และเนื้อหาที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการกระตุ้นด้วยคำถาม จนเกิดข้อสงสัย เกิดความคิด นักเรียนมีการตรวจสอบความรู้ด้วยตนเอง เป็นการลงมือปฏิบัติ มีการวาดภาพ

การสร้างแบบจำลอง และทำการตรวจสอบความถูกต้องของภาพนั้นอย่างเห็นได้ชัดและนักเรียนพบความรู้ด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายได้ และมีความเข้าใจในแนวคิดเรื่องนี้ได้เป็นอย่างดี

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และสุวัตร นานันท์ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดี แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้

โพธิศักดิ์ โพธิเสน และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ได้ทำการวิจัยการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เกิดการสร้างแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ตามหัวข้อการเรียนรู้ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา และได้เสนอแนวทางในการเพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดด้วย คือการใช้วิดีทัศน์แสดงการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคและระดับจุลภาคในลักษณะของการอุปมาทำให้ผู้เรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถาม นักเรียนค้นหาคำตอบสร้างแบบจำลอง อภิปรายและปรับปรุงแบบจำลองตามลำดับ การใช้คำถามที่ท้าทายและการถามซักไซ้ไล่เรียงร่วมกัน และการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ปฏิบัติด้วยตนเองสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้

ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ (2561) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดชิ้นงาน และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ในการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (43.99%) รองลงมาอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (20.79%) อย่างไรก็ตามหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่อง พันธะโคเวเลนต์แล้ว นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ทั้ง 3 หัวข้อย่อย (54.35%) รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (29.78%) สอดคล้องกับ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ชิ้นงานที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเองอยู่ในเกณฑ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

เนตรดาว สร้อยแสง และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก และกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยทดสอบการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า การคิดวิเคราะห์หลังเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Windschitl, Thompson, and Braaten (2007) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการสืบเสาะหาความรู้ทั่วไป พบว่าการสืบเสาะหาความรู้โดยทั่วไปมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้จากการหารูปแบบของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพียงอย่างเดียว แต่การสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติ และยังพบว่าการสอนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมความเข้าใจของรูปแบบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ประเด็น คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อมูลที่สามารถสร้างขึ้นมาได้ ตรวจสอบหรือทำซ้ำได้และเปลี่ยนแปลงได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติและสามารถใช้คาดคะเนเหตุการณ์ได้

Bishop, Sawyer, Alber-Morgan, and Boggs (2015) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของรูปแบบการใช้ผังกราฟิกที่มีต่อคุณภาพและปริมาณของการเขียนโน้มน้าวของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความผิดปกติของออทิสติก โดยการให้นักเรียนที่เป็นออทิสติกแต่ละคนนั่งโต๊ะเรียนรูปตัวยู แล้วให้นักเรียนออทิสติกฝึกการเขียนแบบโน้มน้าวใจในรูปแบบของผังกราฟิก ตามหัวข้อที่ครูกำหนด เช่น นักเรียนควรจะต้องใส่เครื่องแบบอย่างไร, นักเรียนควรนำโทรศัพท์มาโรงเรียนหรือไม่ เป็นต้น

ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการนักเรียนได้ดำเนินการใช้ผังกราฟิกเขียนบทความเกี่ยวกับการโน้มน้าวใจ มีการเขียนโน้มน้าวใจที่ดีขึ้น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ โดยวัดผลจากจำนวนคำทั้งหมดที่เขียน และการเขียนเรียงลำดับ รวมถึงความถูกต้องตามเกณฑ์คะแนนรูบิคของการวิเคราะห์การเขียนโน้มน้าวใจ

Mcdaniel and Flower (2015)ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ผังกราฟิกเพื่อลดพฤติกรรมก่อกวน (พฤติกรรมไม่พึงประสงค์) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของนักเรียน เมื่อนักเรียนมีปัญหาทางพฤติกรรมจะส่งผลต่อการเรียนทางวิชาการทำให้มีผลสัมฤทธิ์ต่ำว่าเพื่อนในวัยเดียวกัน โดยให้นักเรียนที่มีปัญหาทางพฤติกรรมหรือมีพฤติกรรมก่อนกวนที่ไม่พึงประสงค์ มาร่วมพูดคุยกับครูเพื่อปรับพฤติกรรมโดยบันทึกวิธีการหรือข้อตกลงร่วมกันลงในผังกราฟิก เช่น เกิดอะไรขึ้นเมื่อฉันเจอปัญหา, เมื่อเกิดปัญหาฉันต้องทำสิ่งใดและเพราะอะไร, สิ่งใดเกิดขึ้นกับฉันหลังจากที่ฉันทำมันลงไป, สิ่งที่ฉันพยายามจะทำให้ดีขึ้นต่อไปในอนาคต เป็นต้น เพื่อลดการเกิดพฤติกรรมก่อกวนที่ไม่พึงประสงค์ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมก่อกวน (พฤติกรรมไม่พึงประสงค์) มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก ซึ่งทำการศึกษา ณ โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 (สพม.4) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 สำรวจบริบทและสภาพทั่วไปของโรงเรียน

3.1.1 บริบทของโรงเรียน

โรงเรียนที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัยเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ อยู่ในความดูแลของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 (จังหวัดปทุมธานี-สระบุรี) สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ มีทำเลที่ตั้งอยู่ติดแม่น้ำเจ้าพระยา และมีเรือโดยสารข้ามฝากอยู่ในช่วงเช้าและช่วงเย็น โดยในปัจจุบันมีจัดการเรียนการสอนแบบสหศึกษาสำหรับการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากการเข้าฝึกประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยในโรงเรียนนี้ พบว่า อาคารเรียนวิทยาศาสตร์เป็นอาคารที่ติดอยู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีห้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ชั้นหนึ่งและชั้นสองของอาคาร สภาพห้องเรียนและอุปกรณ์ภายในห้องเรียนนั้นเอื้ออำนวยต่อการเรียนการสอน เช่น มีกระดานไวท์บอร์ดขนาดใหญ่หน้าชั้นเรียน มีโปรเจคเตอร์พร้อมใช้งาน และมีระบบอินเทอร์เน็ตวายฟาย ครูจึงสามารถนำภาพ วิดีทัศน์ สื่อเทคโนโลยี และสื่อออนไลน์มาประกอบการสอนได้ทันที และนักเรียนสามารถใช้อินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเพื่อศึกษาหาข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้เช่นเดียวกัน

3.1.2 บริบทของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 5 ห้องเรียน คิดเป็นจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 168 คน

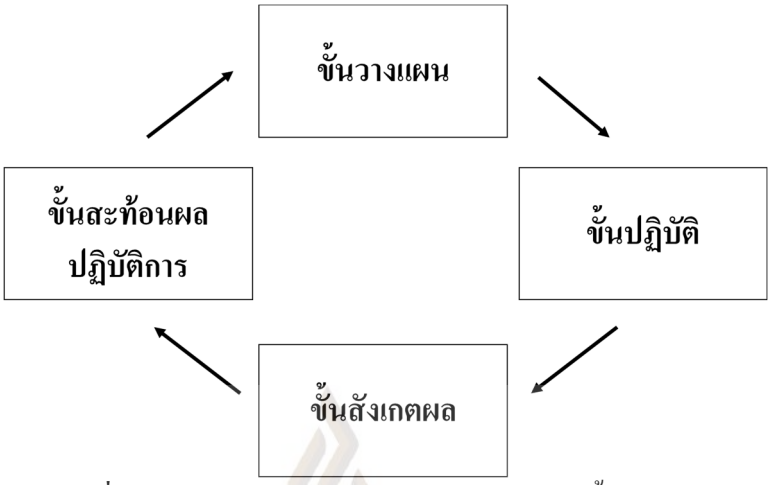
กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 และ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 5 ซึ่งเรียนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวนทั้งสิ้น 71 คน โดยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่มีเกณฑ์ในการเลือกคือ เป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน และมีนักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 70 ของห้องเรียน ได้คะแนนสอบกลางภาควิชา ว30221 เคมี 1 สูงกว่า 24 คะแนนจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน

3.1.3 สภาพห้องเรียน

ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยนั้น เป็นห้องเรียนที่มีสภาพค่อนข้างครึ้ม มีอุปกรณ์การเรียนการสอนพื้นฐานครบถ้วนเช่น กระดานไวท์บอร์ด อินเทร์เน็ตวายฟาย และเครื่องฉายสไลด์ ห้องเรียนนี้ใช้โต๊ะเรียนใหญ่ทั้งหมด 8 โต๊ะสำหรับนักเรียน จัดในแนวขวาง และโต๊ะขนาดใหญ่หน้าชั้นเรียน 1 โต๊ะสำหรับครู ด้านหลังห้องถูกปรับแต่งให้เป็นตู้เก็บอุปกรณ์เครื่องแก้ว นอกจากนี้ ยังมีการสอดแทรกสื่อการสอนที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมีเข้าไปในสิ่งแวดล้อมทั่วห้องเรียนเช่น แผ่นบอร์ดตารางธาตุ และแผ่นบอร์ดอินโฟกราฟิกเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันซึ่งจัดทำโดยสสวท.

3.2 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เป็นงานวิจัยประเภทการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ที่ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง โดยงานวิจัยนี้มีการดำเนินงานเป็นวงจร PAOR ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988 อ้างถึงใน จีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.23-24) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกตผล (Observation) และขั้นสะท้อนผลปฏิบัติการ (Reflection) โดยดำเนินงานตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ดำเนินการดังนี้

1.1) ผู้วิจัยทำการศึกษาบริบทและสภาพชั้นเรียนจากครูผู้สอน สภาพการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน เพื่อระบุปัญหาสำคัญที่ต้องมีการแก้ไขในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

1.2) ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จากหลักสูตรสถานศึกษา มาตรฐานและตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.3) ผู้วิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี และวิธีการใช้แผนภาพกราฟิกเพื่อใช้ในการเรียนรู้ ตลอดจนศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและการวัดแบบจำลองทางความคิด เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา

1.4) ผู้วิจัยออกแบบและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ทั้งหมด 6 แผน รวมเป็นเวลา 11 ชั่วโมง

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ผู้วิจัยนำแผนการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้นไปใช้สอนกับกลุ่มตัวอย่าง แต่หากสามารถปรับเปลี่ยนแผนการสอนระหว่างการจัดการสอนได้บางส่วน เพื่อให้สอดคล้องกับบริบททางสังคมที่เกิดขึ้นใหม่ระหว่างการจัดการสอน โดยระหว่างการจัดการสอนจะมีสังเกตการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัย ครูพี่เลี้ยง และอาจมีเพื่อนผู้วิพากษ์เข้าสังเกตการณ์ ซึ่งเป็นครูท่านอื่นในกลุ่มสาระเดียวกันเข้ามาสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observation)

ผู้วิจัย ครูพี่เลี้ยง และเพื่อนผู้วิพากษ์ทำการสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยระหว่างปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนจนจบแผนการเรียนรู้ จากนั้นจึงสรุปผลการสังเกตการสอนและบริบททางสังคมใหม่ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนด้วย บันทึกหลังการสอนสำหรับผู้วิจัย แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและแบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู สำหรับครูพี่เลี้ยงและเพื่อผู้วิพากษ์ ในขณะเดียวกัน นักเรียนแต่ละคนจะได้รับสมุดบันทึกการเรียนรู้ของตนเองเพื่อจดบันทึกการเรียนรู้ของตนเองหลังเรียนเสร็จสิ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังการสอน แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและแบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู และข้อมูลที่ได้จากการปรึกษากับครูพี่เลี้ยง มาบันทึกเป็นบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับผลการสอนว่าบรรลุสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผนการเรียนรู้หรือไม่ ตลอดจนประเมินบริบทของสังคมและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน เพื่อสังเคราะห์ข้อแนะนำและแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำข้อแนะนำและแนวทางแก้ไขปัญหาที่ได้จากการสะท้อนคิดไปใช้ปรับปรุงแผนการสอนครั้งต่อไป

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ประเภท ดังนี้

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการ

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวนทั้งสิ้น 6 แผน รวมเป็นเวลา 11 ชั่วโมง ประกอบด้วย 1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และความยาวพันธะโคเวเลนต์ 2) สารประกอบโคเวเลนต์และโครงสร้างเรโซแนนซ์ 3) พลังงานพันธะและพลังงานการเกิดปฏิกิริยา 4) การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 5) สภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุล 6) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ

มีดังนี้

1) บันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย

2) แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและแบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู

3) สมุดบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลวิจัย

ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์

3.4 การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ทั้งหมด 6 แผน มีรายละเอียดสาระการเรียนรู้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ลำดับที่	สาระการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ (คาบ)
1	การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และความยาวพันธะโคเวเลนต์	1
2	สารประกอบโคเวเลนต์และโครงสร้างเรโซแนนซ์	2
3	พลังงานพันธะและพลังงานการเกิดปฏิกิริยา	1
4	การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	3
5	สภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุล	2
6	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	2
	รวม	11

โดยผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยศึกษาหลักการและทฤษฎีในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนศึกษาองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

2) ผู้วิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาเกี่ยวกับบทเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จากคู่มือครูและหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 1 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3) ผู้วิจัยศึกษาทฤษฎี เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการใช้แผนผังกราฟิกประกอบการเรียนรู้ในชั้นเรียน เพื่อนำมาเป็นแนวคิดในการสร้างแผนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก

4) ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องและครอบคลุมกับเนื้อหาการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ได้แก่ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และความยาวพันธะโคเวเลนต์, สารประกอบโคเวเลนต์และโครงสร้างเรโซแนนซ์, พลังงานพันธะและพลังงานการเกิดปฏิกิริยา, การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์, สภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

5) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และปรับปรุงแผนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

6) ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริง

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลปฏิบัติการ ประกอบไปด้วย

1) บันทึกหลังการสอน เป็นบันทึกหลังการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย เพื่อบันทึกเหตุการณ์ภายในชั้นเรียนตามมุมมองของผู้วิจัย โดยบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ตามความเป็นจริงในประเด็นดังนี้

1.1) ผลการจัดกระบวนการเรียนรู้

1.2) ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1.3) ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยผู้วิจัย

1.4) ข้อเสนอแนะจากครูผู้ช่วยวิจัย

2) แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและแบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู เป็นแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและพฤติกรรมการสอนของครูระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยมีครูผู้ช่วยวิจัยหรือเพื่อนผู้วิพากษ์เป็นผู้บันทึก โดยมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังนี้

2.1) ผู้วิจัยศึกษาตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและพฤติกรรมการสอนของครูจากงานวิจัยของสิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (2558, น. 120) แล้วจึงปรับประเด็นสำคัญให้สอดคล้องกับรูปแบบการสอนของผู้วิจัย

2.2) ผู้วิจัยสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน และพฤติกรรมการสอนของครูตามประเด็นที่ระบุ

2.3) ผู้วิจัยเสนอแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

2.4) ผู้วิจัยนำแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้นไปปรับปรุง แก้ไข ตามคำแนะนำให้เหมาะสม และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริง

3) สมุดบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นสมุด หรือแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังเรียนจบแผนการเรียนรู้ โดยนักเรียนเป็นผู้บันทึกข้อมูลด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยได้ขอให้นักเรียนนำส่งสมุดบันทึกการเรียนรู้ที่นักเรียนใช้จริงในชั้นเรียน ในกรณีที่นักเรียนไม่ได้นำสมุดบันทึกมาใช้ระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักจะได้รับแบบบันทึกหลังการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้น โดยปรับปรุงมาจากแบบบันทึกหลังการเรียนรู้ของสิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (2558, น. 127) ซึ่งมีขั้นตอนการปรับปรุงดังนี้

3.1) ผู้วิจัยศึกษาแบบบันทึกหลังการเรียนรู้ของนักเรียนจากงานวิจัยของสิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (2558, น. 127) แล้วปรับแก้เนื้อหาบางส่วนเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

3.2) ผู้วิจัยนำบันทึกหลังการเรียนรู้ของนักเรียนที่แก้ไขแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้อง

3.3) ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงบันทึกหลังการเรียนรู้ของนักเรียนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.4) ผู้วิจัยได้นำบันทึกหลังการเรียนรู้ของนักเรียนที่แก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริง

3.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการผลวิจัย ได้แก่

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 8 ข้อ ชนิดแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น ประกอบด้วยตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือกพร้อมอธิบายเหตุผล และแบบทดสอบชนิดเขียนคำตอบ 4 ข้อในชุดเดียวกัน รวมทั้งหมด 12 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้างและหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดแบบจำลองทางความคิด

2) ผู้วิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาเกี่ยวกับบทเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จากคู่มือครูและหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 1 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3) ผู้วิจัยกำหนดแบบจำลองทางความคิดที่ต้องการวัด โดยให้มีความสอดคล้องและครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้และตัวชี้วัดของรายวิชา ซึ่งผู้วิจัยกำหนดแบบจำลองทางความคิดที่ต้องการวัดตามหัวข้อ ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ต่อไปนี้

(1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์

(2) การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

(3) การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตท

(4) ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา

(5) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

(6) สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

(7) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

(8) สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

4) ผู้วิจัยสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยกำหนดลักษณะข้อคำถามและคำตอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ของรายวิชา โดยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดนี้เป็นแบบทดสอบปรนัย 8 ข้อ ชนิดแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น ประกอบด้วยตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือกพร้อมอธิบายเหตุผล ประกอบกับแบบทดสอบอัตนัย 4 ข้อ

5) ผู้วิจัยนำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม

6) ผู้วิจัยปรับปรุงแบบวัดแบบจำลองทางความคิดตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

7) ผู้วิจัยนำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในทางด้านเคมี 2 ท่านและครูผู้สอนรายวิชาเคมีในโรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการศึกษา 1 ท่าน เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทุกข้อ โดยมีผลค่าความสอดคล้องอยู่ที่ 1.00 แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแบบวัดแบบจำลองทางความคิดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์

8) ผู้วิจัยนำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ผ่านการแก้ไขและปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้ผ่านการเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และอำนาจการจำแนก (r) ของแบบทดสอบปรนัย 8 ข้อ ชนิดแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น โดยมีค่าความยากง่ายมากกว่า 0.20 และมีค่าอำนาจการจำแนกมากกว่า 0.25

9) ผู้วิจัยนำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง ก่อนนำไปใช้จริง

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ทั้งหมดจำนวน 6 แผน ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน

2) ผู้วิจัยปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับบทบาท หน้าที่ ตลอดจนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ เป้าหมาย ข้อตกลงและแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

3) ผู้วิจัยดำเนินการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนก่อนเริ่มสอน

4) ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนด้วยตัวเอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน ใช้เวลา 11 ชั่วโมง

5) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกแผนการจัดการเรียนรู้ของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ และสะท้อนผลการปฏิบัติ โดยใช้เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ บันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและพฤติกรรมการสอนของครู และสมุกบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

6) ผู้วิจัยจัดให้มีการประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด โดยดำเนินการวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แล้วจึงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ สรุปผล และแปรผลข้อมูลต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผล ดังนี้

1) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดมาพิจารณาเป็นรายข้อ โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ด้วยวิธีการแบบอุปนัย (Inductive Method) ซึ่งผู้วิจัยอ่านคำตอบ ภาพวาด และการให้เหตุผลของนักเรียนโดยละเอียด เพื่อเปรียบเทียบคำตอบของนักเรียน แล้วจึงนำมากำหนดประเด็นและจัดกลุ่มแนวคำตอบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญร่วมการตรวจสอบการจัดกลุ่มแนวคำตอบเพื่อเป็นการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator Triangulation) จากนั้นจึงนำกลุ่มแนวคำตอบที่ได้มาจัดเป็นกลุ่มของแบบจำลองทางความคิด โดยแยกออกเป็น 5 กลุ่มตามแนวความคิดการจัดกลุ่มของ Chi and Roscoe (2002 อ้างถึงใน ณัชกฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และสุดจิต สงวนเรือง, 2553; Meela & Yuenyong, 2019) ดังนี้

1.1) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (Correctness and Coherence, CR and CH) หมายถึงแบบจำลองทางความคิดที่แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญเกี่ยวกับความรู้นั้น ๆ และมีความสอดคล้องกับข้อคำถามหรือปรากฏการณ์ที่ใช้แบบจำลองมาอธิบาย นับเป็นแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์

1.2) แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (Coherence and Incorrectness, CH and ICR) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับข้อคำถามหรือปรากฏการณ์ แต่อธิบายหลักการหรือทฤษฎีผิดพลาด นับเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สมบูรณ์

1.3) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (Correctness and Incoherence, CR and ICH) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่นำเสนอความคิดหรืออธิบายทฤษฎีและหลักการได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับข้อคำถามและปรากฏการณ์ที่กำหนด นับเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สมบูรณ์

1.4) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (Incoherence and Incorrectness, ICH and ICR) หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่สามารถอธิบาย หรือทำนายเกี่ยวกับข้อคำถามและปรากฏการณ์ที่กำหนดได้ นับเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สมบูรณ์

1.5) ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No response, NR) หมายถึง นักเรียนไม่มีการแสดงออกแบบจำลองทางความคิดในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด นับเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สมบูรณ์

2) จำแนกคำตอบของนักเรียนตามกลุ่มแนวคิดแล้วจึงเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนก

3) วิเคราะห์ผลที่ได้โดยใช้ค่าสถิติความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ยของแบบจำลองความคิดแต่ละกลุ่ม และบรรยายสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดแต่ละกลุ่ม

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.7.1. สถิติในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1) หาค่าดัชนีความสอดคล้อง จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น. 117)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2) หาค่าความยากง่าย (p) จากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 74)

$$p = \frac{P_H - P_L}{2n}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่าย
P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

3) หาค่าอำนาจจำแนก (r) จากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 75)

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

3.7.2 สถิติพื้นฐานที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

1) หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{x}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 306) คือ

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2) หาค่าร้อยละ (P) โดยใช้สูตร (พิสณุ ฟองศรี, 2551, น. 152) คือ

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ ได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน และได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบวัดแบบจำทางความคิด ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้แสดงและอธิบายแบบจำลองทางความคิดในลักษณะของ คำอธิบาย รูปภาพ แผนผังกราฟิก ในบทนี้ ผู้วิจัยจึงจำแนกอธิบายผลการวิจัยออกเป็น 2 ประเด็นคือ

4.1 ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.2 ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

4.1 ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นักเรียนจำนวน 2 คนถูกคัดออกหลังจากดำเนินการวิจัย เนื่องจากนักเรียนขาดการเข้าสอบวัดแบบจำลองทางความคิดในช่วงหลังการจัดการเรียนรู้ ทำให้จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเหลืออยู่ 69 คน ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังความคิดให้นักเรียนทั้งสองคนเหมือนเดิม เนื่องจากนักเรียนทั้งสองคนต้องเข้าเรียนร่วมกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายของผู้วิจัย

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 12 ข้อ ในช่วงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มีการวัดแบบจำลองทางความคิดอยู่ 8 เรื่อง ได้แก่ 1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2) การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 3) การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต 4) ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา 5) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล 6) สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย 7) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 8) สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยคำตอบทั้งก่อนและหลังเรียนของนักเรียนถูกจำแนกออกเป็น 5 กลุ่มตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002) ได้ผลวิเคราะห์กลุ่มแบบจำลองทางความคิดก่อนการเรียนรู้ดังตารางที่ 4.1 และผลวิเคราะห์กลุ่มแบบจำลองทางความคิดหลังการเรียนรู้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

แบบจำลองทางความคิด เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม(%)				
	Incompleteness				Completeness
	*NR	*ICR&ICH	*ICR&CH	*CR&ICH	*CR&CH
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	24.64	21.74	4.35	7.24	42.03
2. การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	26.08	21.74	0.00	27.54	24.64
3. การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต	43.48	40.58	2.18	10.87	2.90
4. ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา	61.59	30.44	3.63	3.63	0.73
5. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	71.01	20.29	0.00	8.70	0.00
6. สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย	82.61	15.94	0.00	1.45	0.00
7. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	57.25	41.31	1.45	0.00	0.00
8. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	73.19	17.39	5.08	3.62	0.73
รวมเฉลี่ย	54.98	26.18	2.09	7.88	8.87

* NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด

ICR&ICH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ICR&CH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง

CR&ICH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง

และ CR&CH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์และสอดคล้อง

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนก่อนเริ่มการจัดการรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มักไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ (NR) หรือมีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์อยู่ในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH, 42.03%) และมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ อยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH, 27.54%) ในขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) ในเรื่องการเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต (43.48%), ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา (61.59%), แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (71.01%), สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย (82.61%), รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (57.25%) และ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (73.19%)

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ หลังการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

แบบจำลองทางความคิด เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม(%)				
	Incompleteness				Completeness
	*NR	*ICR&ICH	*ICR&CH	*CR&ICH	*CR&CH
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	0.00	4.35	2.90	10.14	82.61
2. การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	1.45	8.69	1.45	40.58	47.83
3. การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต	2.18	44.93	4.35	41.31	7.25
4. ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา	2.18	43.48	16.67	22.47	15.22
5. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	2.90	33.33	0.00	53.62	10.14

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ หลังการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก (ต่อ)

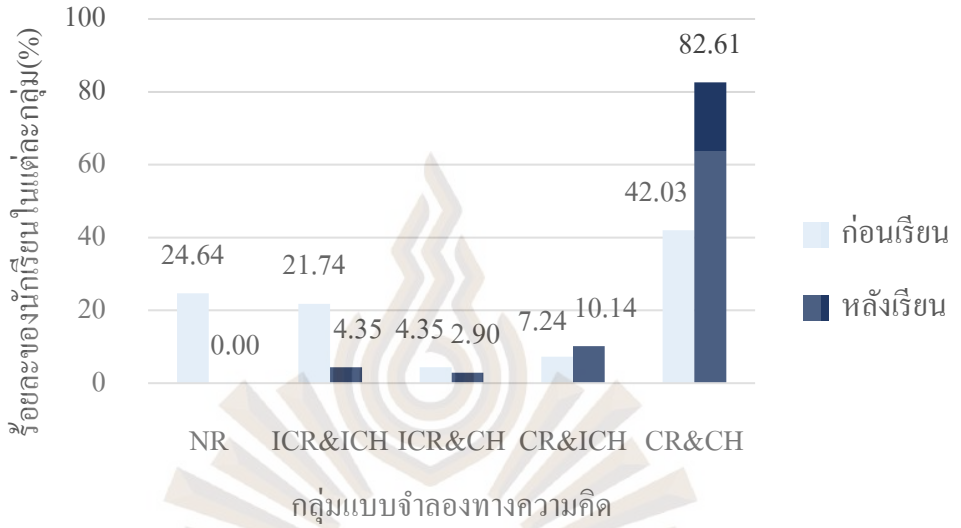
แบบจำลองทางความคิด เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม(%)				
	Incompleteness				Completeness
	*NR	*ICR&ICH	*ICR&CH	*CR&ICH	*CR&CH
6. สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย	2.90	20.29	0.00	72.46	4.35
7. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	0.00	40.58	3.63	39.13	16.67
8. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	0.00	38.41	15.95	34.79	10.87
รวมเฉลี่ย	1.45	29.26	5.62	39.31	24.36

* NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด
ICR&ICH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง
ICR&CH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง
CR&ICH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง
และ CR&CH หมายถึง แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์และสอดคล้อง

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนหลังการจัดการรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ อยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกและสอดคล้อง (CR&CH) และ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) และมีเพียงส่วนน้อยที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (NR) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ (82.61%) และเรื่องการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ (47.83%) อยู่ในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง แต่จะมีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต, ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา, รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดในเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และ สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย อยู่กลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) เมื่อแยกพิจารณาและวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของแต่ละเรื่อง พบว่านักเรียนในกลุ่มเดียวกันมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกันไป

4.1.1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.1

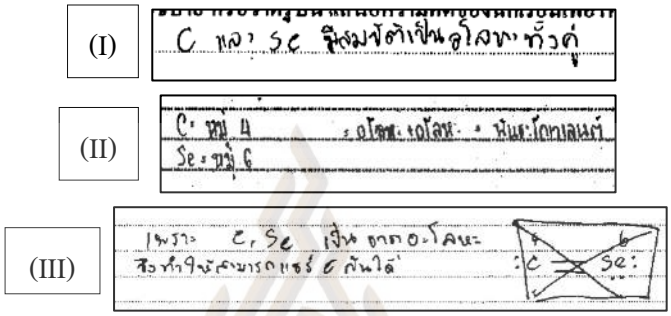


รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้ว นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 40.58 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 2.90 ในขณะที่นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) มีจำนวนลดลงร้อยละ1.45 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนลดลงอยู่ร้อยละ 17.39

ในการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเลือกคู่ของธาตุที่สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างกันได้ และให้อธิบายเหตุผล โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 85.51 โดยจำแนกได้ 2 แบบจำลองทางความคิดคือ

1) คู่ธาตุที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ได้เป็นคู่ธาตุอโลหะ (84.06%) ดังรูปที่ 4.2 โดยมีบางส่วนในกลุ่มนี้ได้ระบุถึงหมู่ของธาตุในตารางธาตุเพื่อแสดงว่าธาตุมีสมบัติเป็นอโลหะ (8.7%) และนักเรียนบางส่วนที่มีแบบจำลองทางความคิดในลักษณะนี้ได้ระบุว่าทั้งสองธาตุจะต้องใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน (11.59%)



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดย (I) แสดงว่าธาตุมีสมบัติอโลหะ (II) ระบุตำแหน่งในตารางธาตุเพิ่มเติม และ (III) ระบุว่ามีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

2) คู่ธาตุที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ได้เป็นคู่ธาตุที่ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันและเป็นไปตามกฎออกเตต (1.45%) ดังรูปที่ 4.3

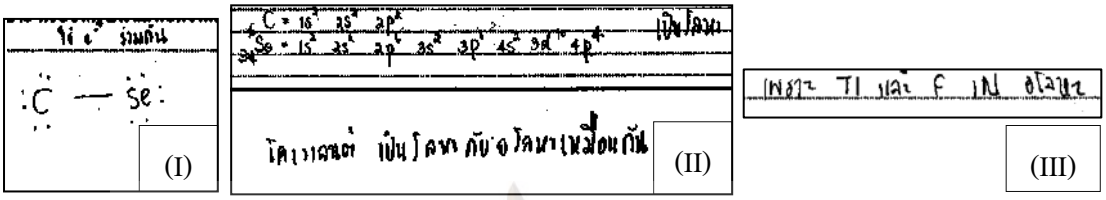
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดยแสดงว่ามีการเกิดพันธะตามกฎออกเตต

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14.49 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1) พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน (8.69%) (รูปที่ 4.4 (I))

2) พันธะโคเวเลนต์เกิดจากคู่ธาตุอโลหะแต่ระบุชนิดของอโลหะผิด (4.35%) (รูปที่ 4.4 (II))

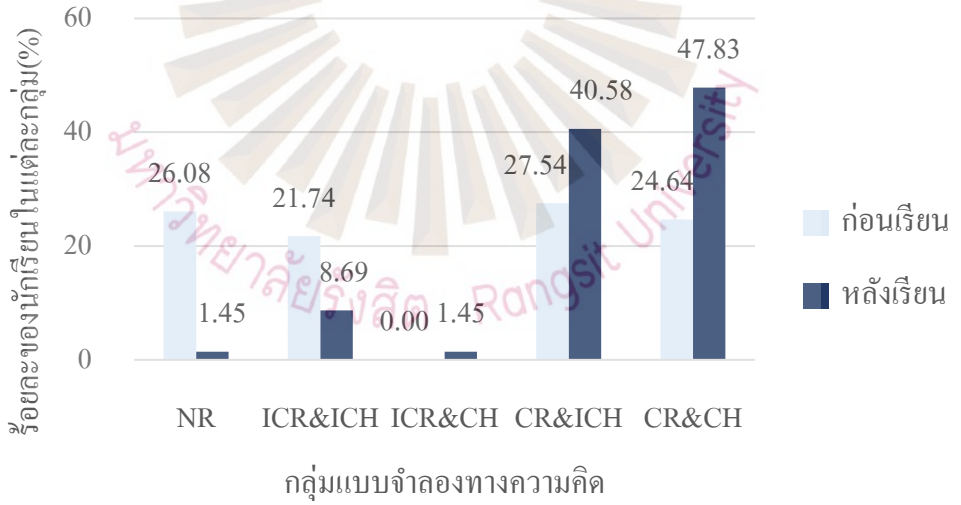
3) พันธะโคเวเลนต์เกิดจากคู่ธาตุโลหะ (1.45%) (รูปที่ 4.4 (III))



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้อง

4.1.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.5



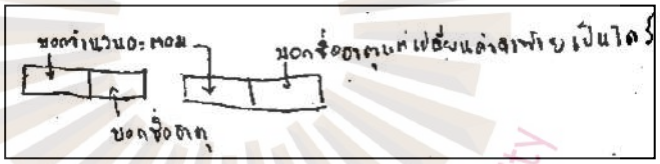
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้ว นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 23.19

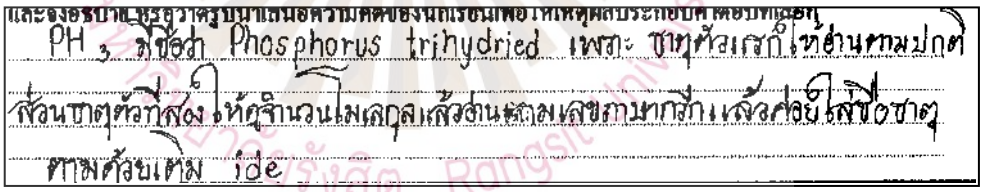
และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้องที่ (CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 13.04 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ1.45 ในขณะที่นักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนลดลงอยู่ร้อยละ 13.05 และร้อยละของนักเรียนที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดลดลงไป 24.63

ในการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเลือกชื่อที่ถูกต้องของสารประกอบ PH_3 และให้อธิบายเหตุผล โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 49.28 โดยนักเรียนอธิบายว่า ชื่อของสารประกอบอ่านได้จากการอ่านจำนวนอะตอมธาตุเป็นภาษากรีกตามด้วยชื่อของธาตุ แต่เปลี่ยนคำอ่านตัวสุดท้ายของธาตุตัวสุดท้ายเป็นเสียงไอด์ (37.68%) แต่มีนักเรียนบางส่วนที่ระบุการอ่านจำนวนธาตุและการเปลี่ยนเสียงเท่านั้น (11.60%) ดังรูปที่ 4.6

(I)



(II)

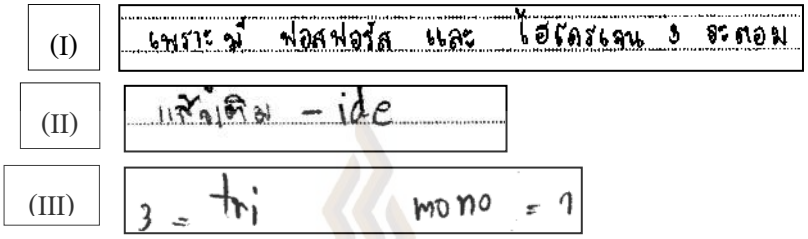


(III)

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง โดย (I) และ (II) เป็นแบบจำลองที่ให้เหตุผลได้ครบถ้วน ในขณะที่ (III) ได้ระบุเฉพาะการอ่านจำนวนธาตุและการเปลี่ยนเสียง

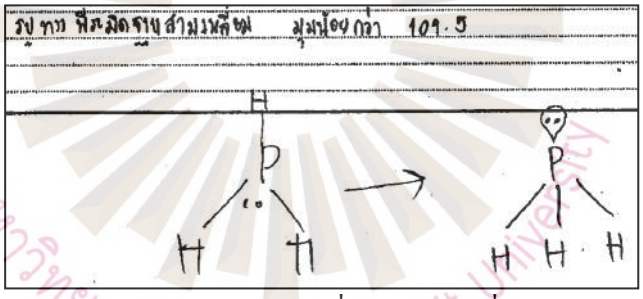
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 49.27 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบจำลองทางความคิดคือ

1) มีหลักในการอ่านชื่อ แต่ไม่สอดคล้องกับหลักการอ่านที่ถูกต้อง ได้แก่ การเปลี่ยนเสียงเป็นไอด์เนื่องจากมีธาตุหลายอะตอมหรือไม่เปลี่ยนเสียง (24.63%) (รูปที่ 4.7 (I)) การอ่านชื่อธาตุไม่ถูกต้องหรือไม่อธิบายไว้ (17.39%) (รูปที่ 4.7 (II)) หรือ แบบจำลองที่มีทั้งสองแนวคิดนี้ร่วมกัน (2.90%) (รูปที่ 4.7 (III))



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับหลักการอ่านที่ถูกต้อง

2) ไม่มีหลักในการอ่านชื่อ แต่ใช้ความรู้อื่นในเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้เหตุผล เช่นการเขียนโครงสร้างโมเลกุล (4.35%) ดังรูปที่ 4.8



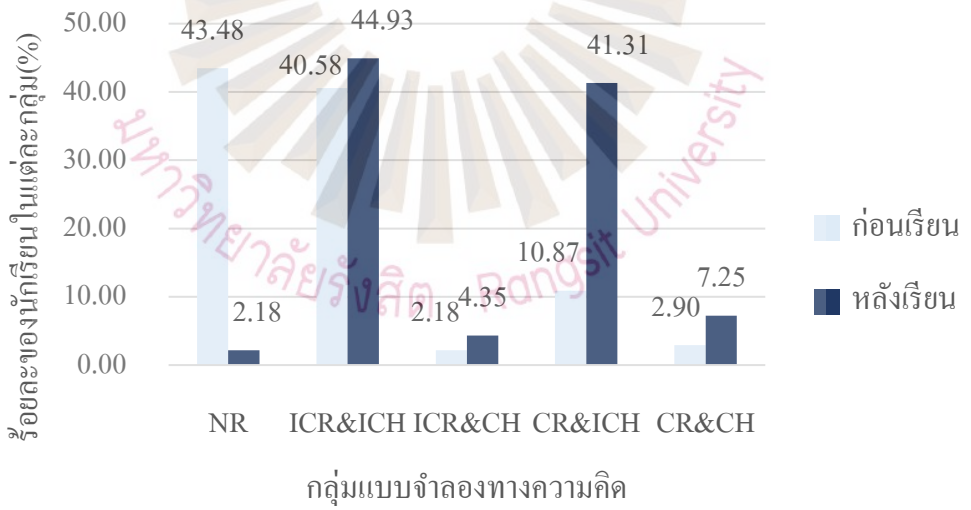
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ที่ให้เหตุผลซึ่งไม่สอดคล้องกับการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

4.1.3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต

ในการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต นี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายตอบคำถาม 2 ข้อ โดยในข้อแรก ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเลือกสารที่มีทั้งพันธะที่เป็นไปตามกฎออกเตต และพันธะที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต และในข้อที่สอง นักเรียนจะต้องเลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ โดยร้อยละของกลุ่ม

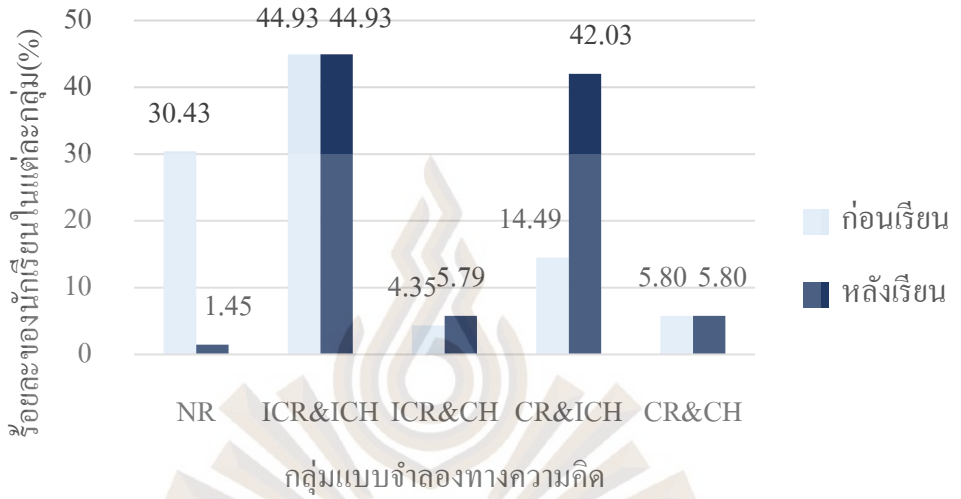
แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ในภาพรวมจะเป็นผลจากการเฉลี่ยค่าร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้จากทั้งสองข้อนี้

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้ว นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 4.35 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 30.44 และพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.17 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอยู่ร้อยละ 4.35 ในขณะที่ร้อยละของนักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองทางความคิดลดลงเป็นอย่างมาก คิดเป็นร้อยละ 41.30



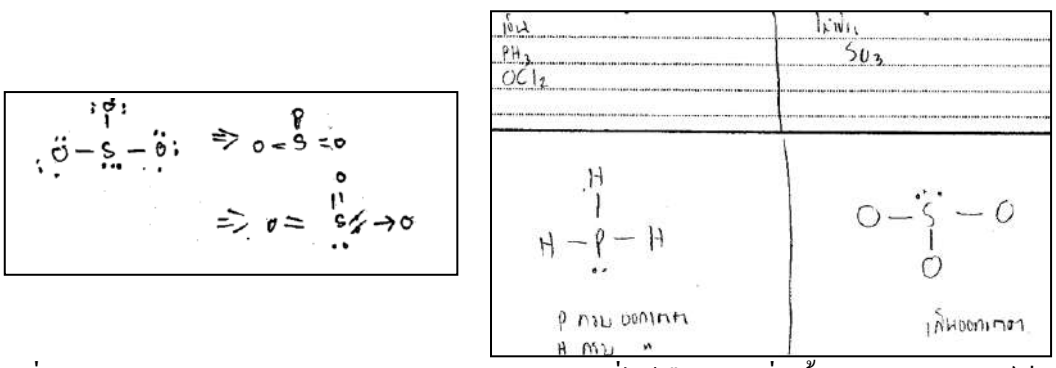
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต โดยแสดงภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์ ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์ ที่เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

หลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 11.59 โดยมีลักษณะแบบจำลองทางความคิดคือ มีการเขียนสูตรโครงสร้างขึ้นมา แล้วตรวจสอบจำนวนอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลาง โดยแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 86.96 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 3 แบบจำลองทางความคิด คือ

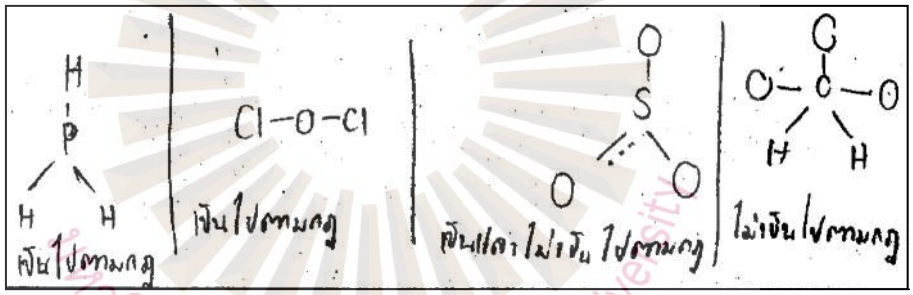
1) มีการเขียนสูตรโครงสร้างขึ้นมา แต่ไม่ระบุว่ามีธาตุซึ่งสร้างพันธะที่ไม่เป็นไปกฎออกเตตได้ หรือพิจารณาเฉพาะสูตรโครงสร้างที่มีเฉพาะพันธะที่เป็นไปตามกฎออกเตต (42.03%) (รูปที่ 4.12 (I) และ (II))

2) มีการเขียนสูตรโครงสร้างขึ้นมา แต่ไม่มีการสร้างพันธะคู่ และไม่ตรวจสอบจำนวนอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลาง (28.99%) (รูปที่ 4.12, (III))

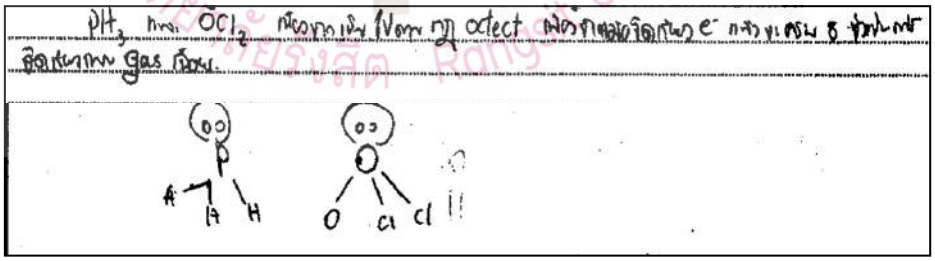
3) อธิบายเฉพาะความหมายของพันธะที่เป็นไปตามกฎออกเตต หรือ ความหมายของพันธะที่เป็นไม่ไปตามกฎออกเตต (14.49%) (รูปที่ 4.12, (IV))

4) ไม่แสดงหลักในการพิจารณากฎออกเตต แต่ใช้ความรู้อื่นในเรื่องพันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้เหตุผล เช่น การระบุรูปร่างโมเลกุล (1.45%) (รูปที่ 4.12, (V))

(I)

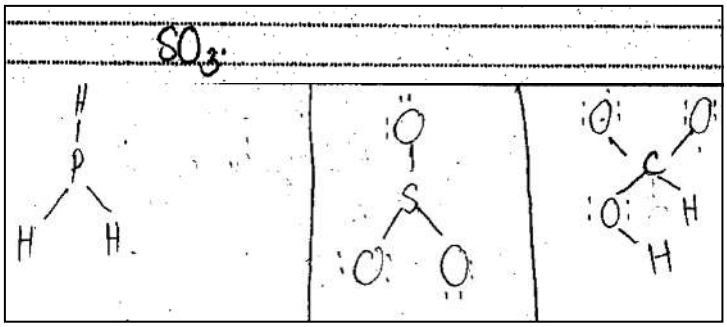


(II)

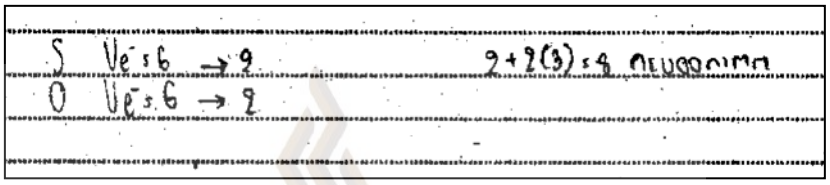


รูปที่ 4.12 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

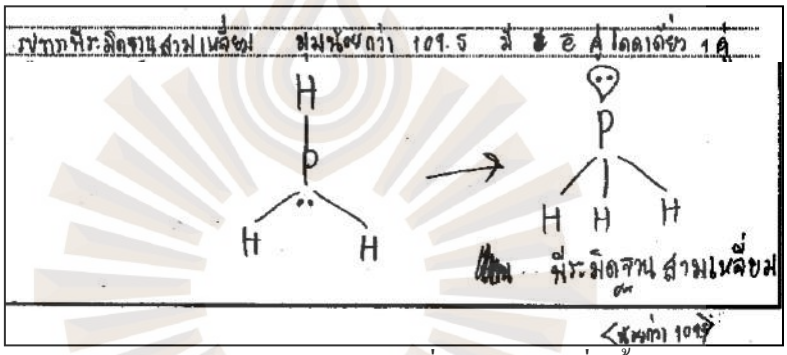
(III)



(IV)

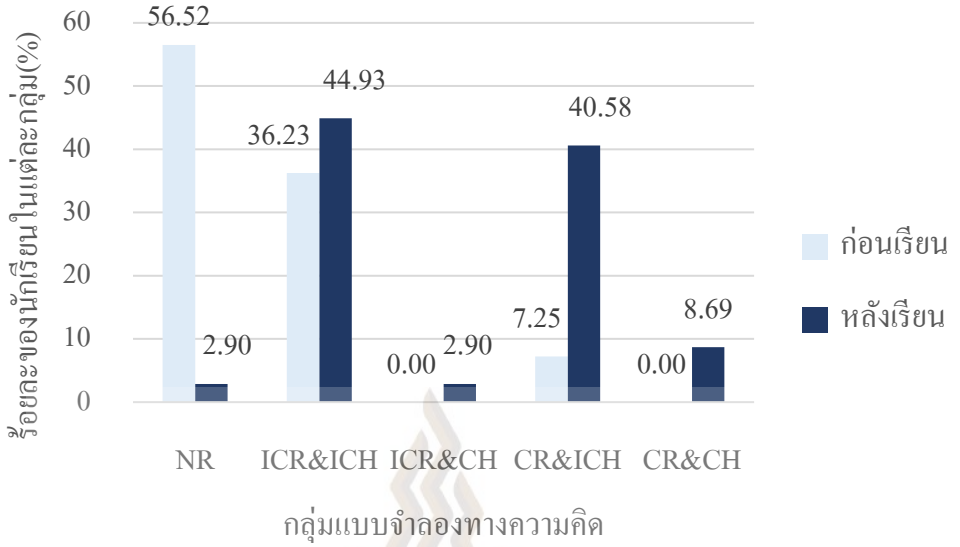


(V)

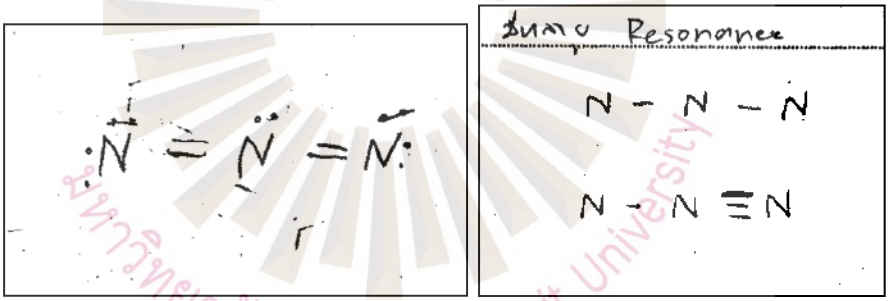


รูปที่ 4.12 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งพันธะโคเวเลนต์เป็นไปตามกฎออกเตตและไม่เป็นไปตามกฎออกเตต ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง (ต่อ)

ในข้อถัดมา ที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนระบุสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ และให้อธิบายเหตุผลที่เลือก ทั้งก่อนและหลังเรียน โดยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.13 หลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 11.59 โดยมีแบบจำลองทางความคิดคือ มีพันธะคู่ 2 พันธะที่อะตอมเดียวกัน หรือมีพันธะสามและพันธะเดี่ยวที่อะตอมเดียวกัน ซึ่งเป็นแนวคิดของโครงสร้างเรโซแนนซ์ (รูปที่ 4.14)



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตามกฎออกเตต ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.51 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 4 แบบจำลองทางความคิด คือ

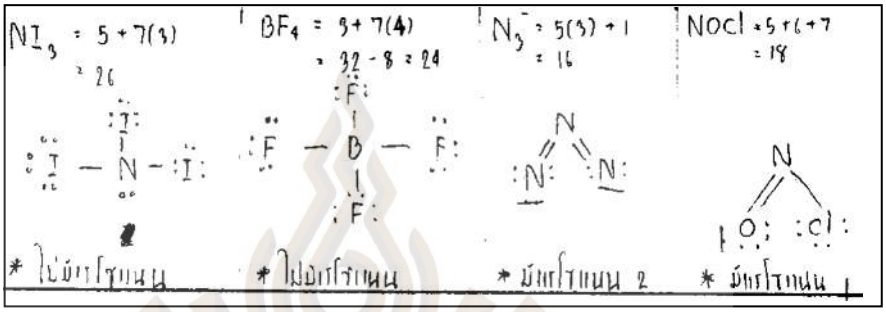
1) มีพันธะคู่หรือพันธะสามในสูตรโครงสร้าง แต่สูตรโครงสร้างไม่เป็นไปตามกฎออกเตต หรือใช้สูตรโครงสร้างของสารอื่นเพื่อร่วมแสดงโครงสร้างเรโซแนนซ์ (46.38%) (รูปที่ 4.15 (I) และ (II))

2) แสดงว่าพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์มีความคล้ายกับโครงสร้างเรโซแนนซ์ (18.84%) (รูปที่ 4.15, (III))

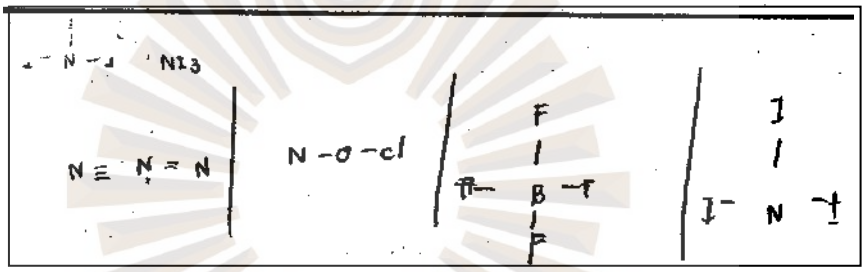
3) มีเฉพาะพันธะเดี่ยวในสูตรโครงสร้าง (14.49%) (รูปที่ 4.15, (IV))

4) อธิบายหรือบรรยายเฉพาะความหมายของโครงสร้างเรโซแนนซ์ (5.80%) (รูปที่ 4.15, (V))

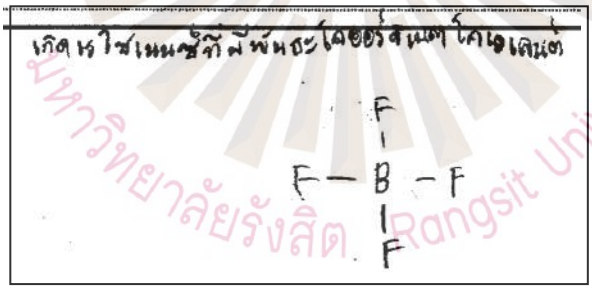
(I)



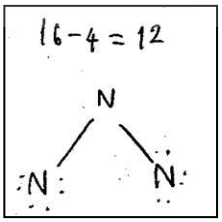
(II)



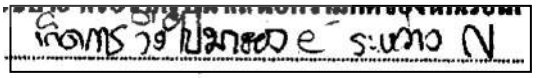
(III)



(IV)



(V)

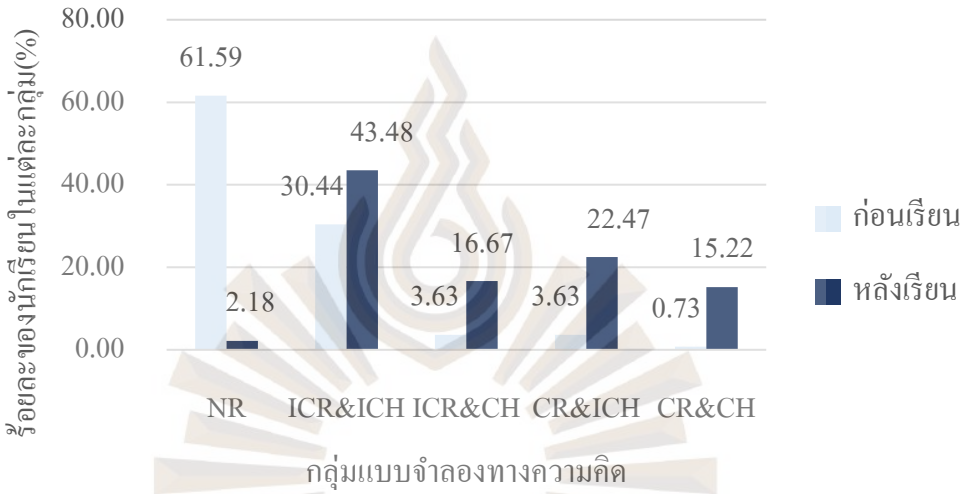


รูปที่ 4.15 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีทั้งโครงสร้างเรโซแนนซ์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.1.4 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยาก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.16



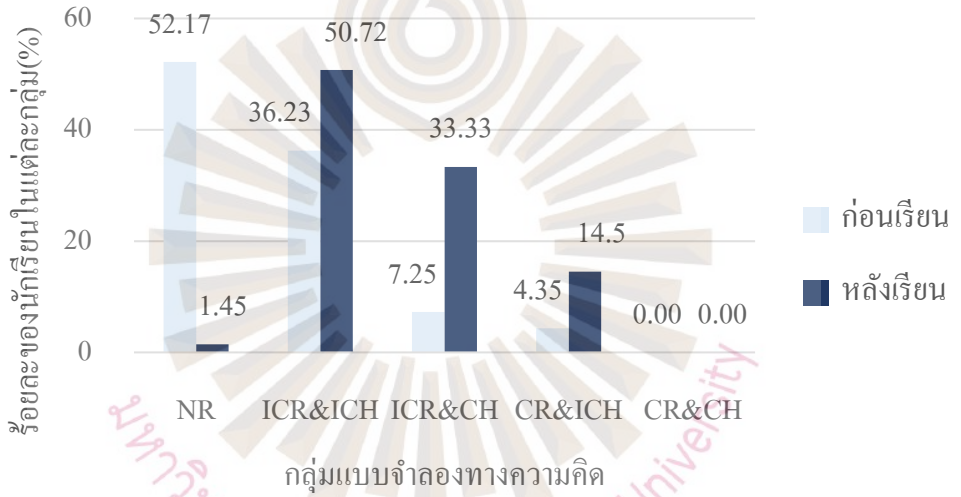
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา โดยภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

ในการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยานี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายตอบคำถาม 2 ข้อ โดยในข้อแรก ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด และในข้อที่สอง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งจะกำหนดข้อมูลของพลังงานพันธะของสารแต่ละชนิดไว้ให้ และภาพรวมร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา จะเป็นผลจากการเฉลี่ยค่าร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้จากทั้งสองข้อนี้

ผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่า ภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่องความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้ว นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 14.49 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่

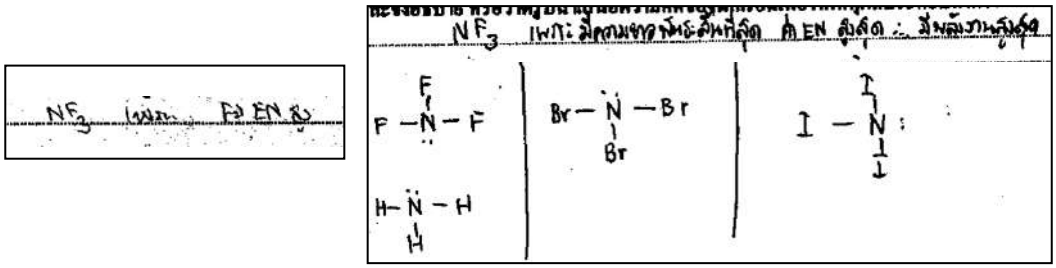
ไม่สอดคล้อง(CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 18.84 และพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.04 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอยู่ร้อยละ 13.04 ในขณะที่ร้อยละของนักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองทางความคิดลดลงเป็นอย่างมาก คิดเป็นร้อยละ 59.41

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยาก่อนและหลังเรียน โดยในข้อที่แรกที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนระบุเลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมดได้ผลดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนเลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด

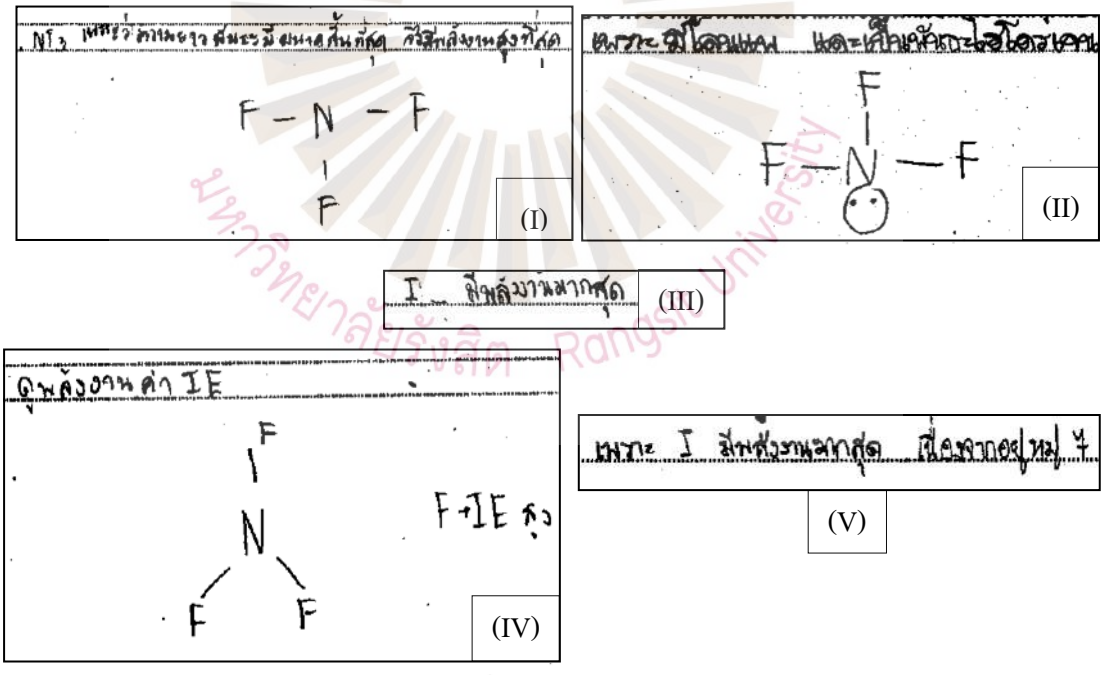
เมื่อพิจารณาผลเป็นรายข้อ โดยในข้อที่แรกที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนระบุเลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด และให้อธิบายเหตุผลที่เลือก โดยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.17 ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 33.33โดยมีลักษณะแบบจำลองทางความคิดคือ ระบุธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงและมีบางส่วนได้ระบุเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสั้นของความยาวพันธะ (4.35%) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.18



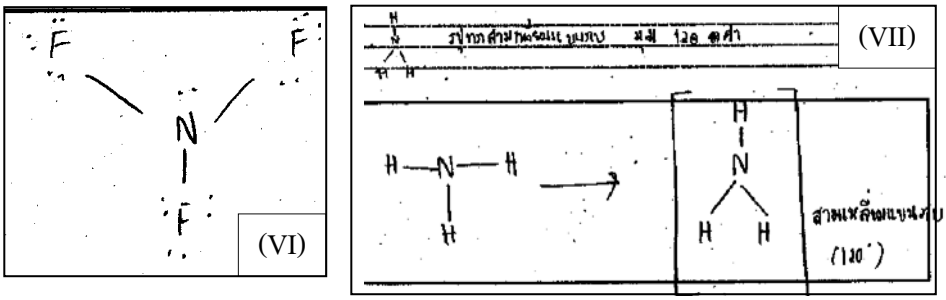
รูปที่ 4.18 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 65.22 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 3 แบบจำลองทางความคิด คือ

1) เปรียบเทียบพลังงานพันธะด้วยความยาวพันธะที่สั้นสุด (15.94%) (รูปที่ 4.19, (I)) หรือ ด้วยพันธะไฮโดรเจน (8.70%) (รูปที่ 4.19, (II)) หรือ ด้วยชนิดของธาตุโดยตรง (2.90%) (รูปที่ 4.19, (III))



รูปที่ 4.19 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

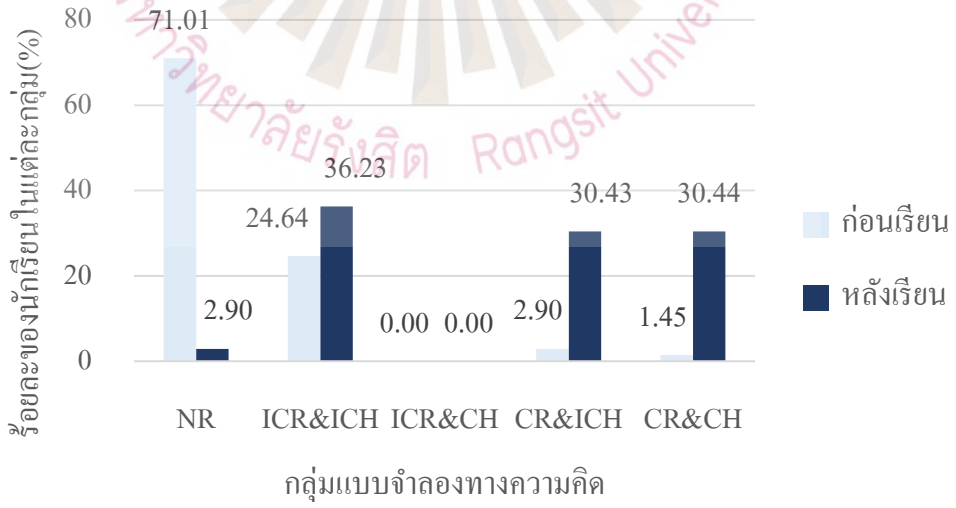


รูปที่ 4.19 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้เลือกสารที่มีพลังงานพันธะสูงที่สุดจากตัวเลือกทั้งหมด ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง (ต่อ)

2) เปรียบเทียบพลังงานพันธะด้วยพลังงานไอออไนเซชัน (IE) ของธาตุ (13.04%) (รูปที่ 4.19, (IV)) หรือ ด้วยตำแหน่งของธาตุหมู่ 7 ในตารางธาตุ (5.80%) (รูปที่ 4.1, (V))

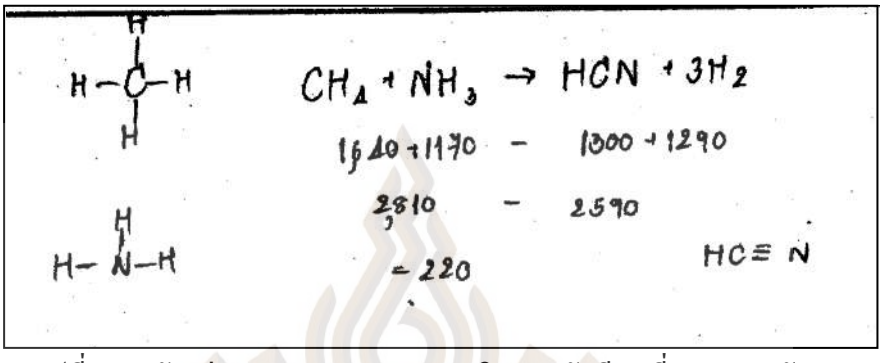
3) เปรียบเทียบพลังงานพันธะด้วยสูตรโครงสร้างของสาร (17.39%) (รูปที่ 4.19, (VI)) หรือด้วยรูปร่างโมเลกุล (1.45%) (รูปที่ 4.19, (VII))

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา โดยผู้วิจัยได้ให้นักเรียนคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ และให้อธิบายเหตุผลที่เลือกทั้งก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้

ผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 30.44 โดยมีแบบจำลองทางความคิดคือ มีการดุลสมการเคมี ตรวจสอบชนิดและจำนวนพันธะของสาร และคำนวณผลต่างพลังงานพันธะของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 4.21)



รูปที่ 4.21 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่คำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

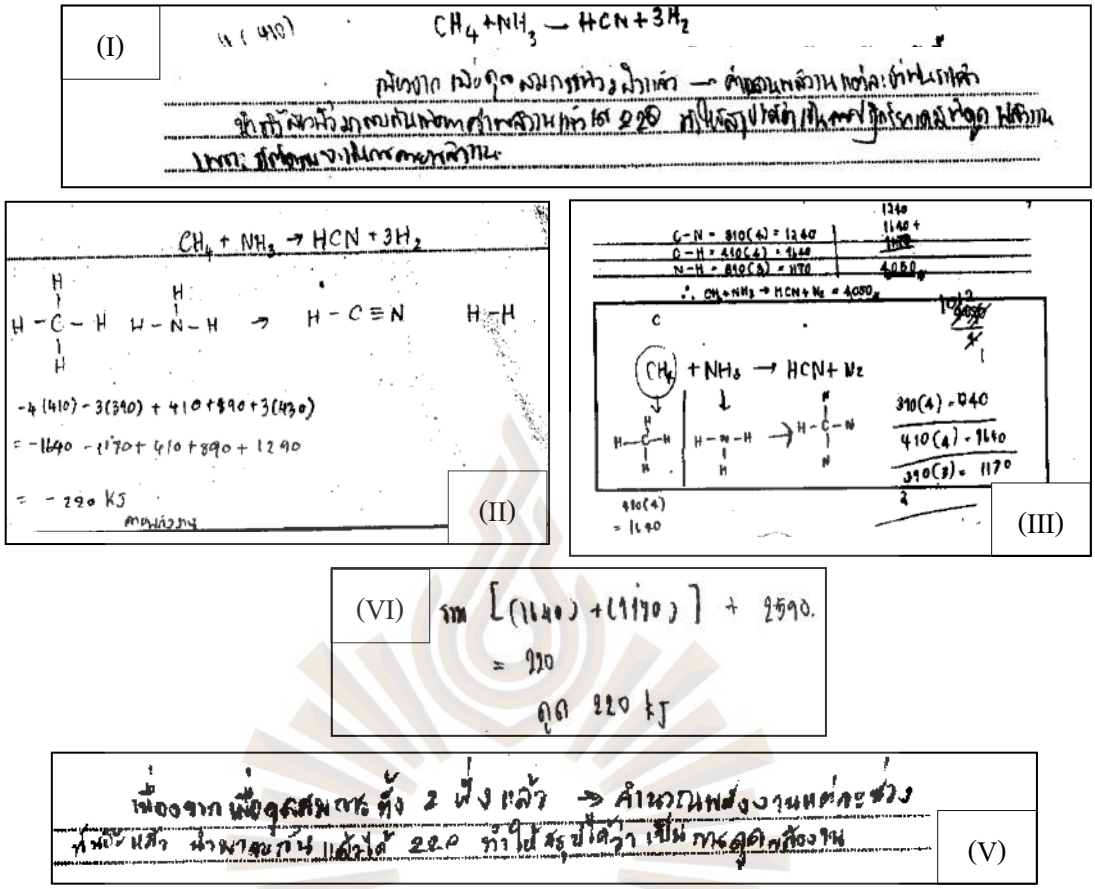
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 66.66 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 4 แบบจำลองทางความคิด คือ

1) มีการดุลสมการเคมี และคำนวณผลต่างพลังงานพันธะของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ แต่มีการกำหนดเครื่องหมาย หรือตรวจสอบจำนวนพันธะของสารไม่ถูกต้อง (30.43%) (รูปที่ 4.22 (I) และ (II))

2) ดุลสมการเคมีไม่ถูกต้อง ไม่ตรวจสอบชนิดและจำนวนพันธะของสาร และคำนวณผลต่างพลังงานพันธะของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ไม่ถูกต้อง (13.04%) (รูปที่ 4.22, (III))

3) ไม่ดุลสมการเคมี ไม่ตรวจสอบชนิดและจำนวนพันธะของสาร แต่คำนวณผลต่างพลังงานพันธะของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ (13.04%) (รูปที่ 4.22, (IV))

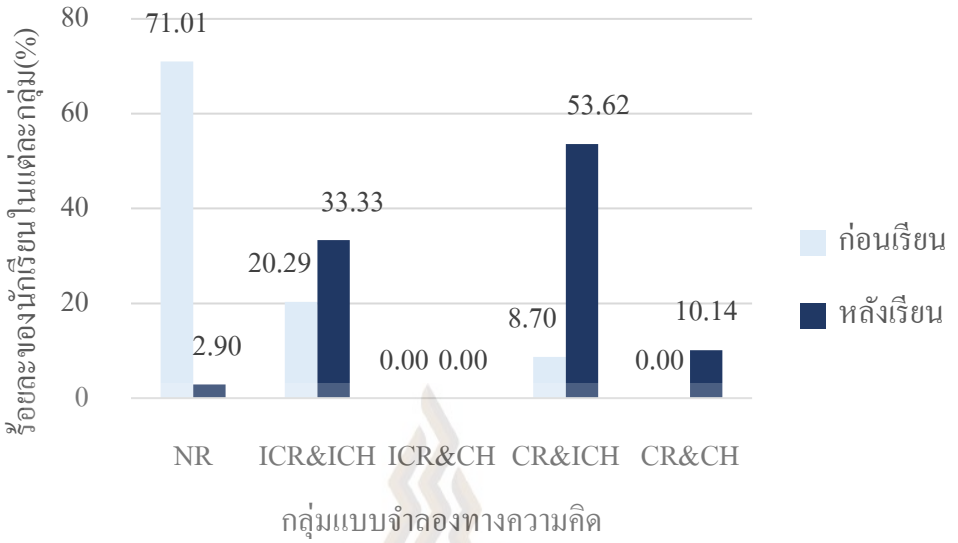
4) อธิบายเฉพาะวิธีการคำนวณผลต่างพลังงานพันธะของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ (10.14%) (รูปที่ 4.22, (V))



รูปที่ 4.22 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่คำนวณ
พลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

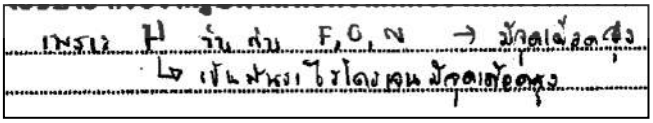
4.1.5 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

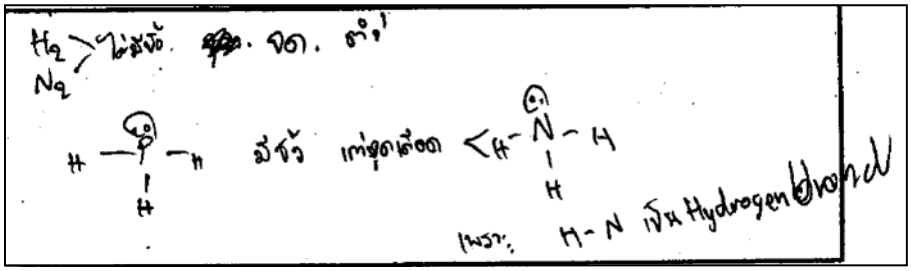
จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้วนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 10.14 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง(CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 44.92 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นอยู่ร้อยละ 13.04 และพบว่าไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) ในขณะที่จำนวนนักเรียนที่ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดลดลงไปร้อยละ 53.62



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

ในการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเลือกสารที่มีจุดเดือดสูงสุดจากตัวเลือกที่กำหนดให้ และอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 10.14 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยมีลักษณะของแบบจำลองทางความคิดคือ สารที่เลือกมีพันธะไฮโดรเจน ซึ่งระบุจากสารที่มีธาตุที่ EN สูงและมีอะตอมไฮโดรเจน หรือสารมีธาตุที่ EN สูง มีขั้ว และมีอะตอมไฮโดรเจน โดยแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.24





รูปที่ 4.24 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 86.95 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 5 ลักษณะคือ

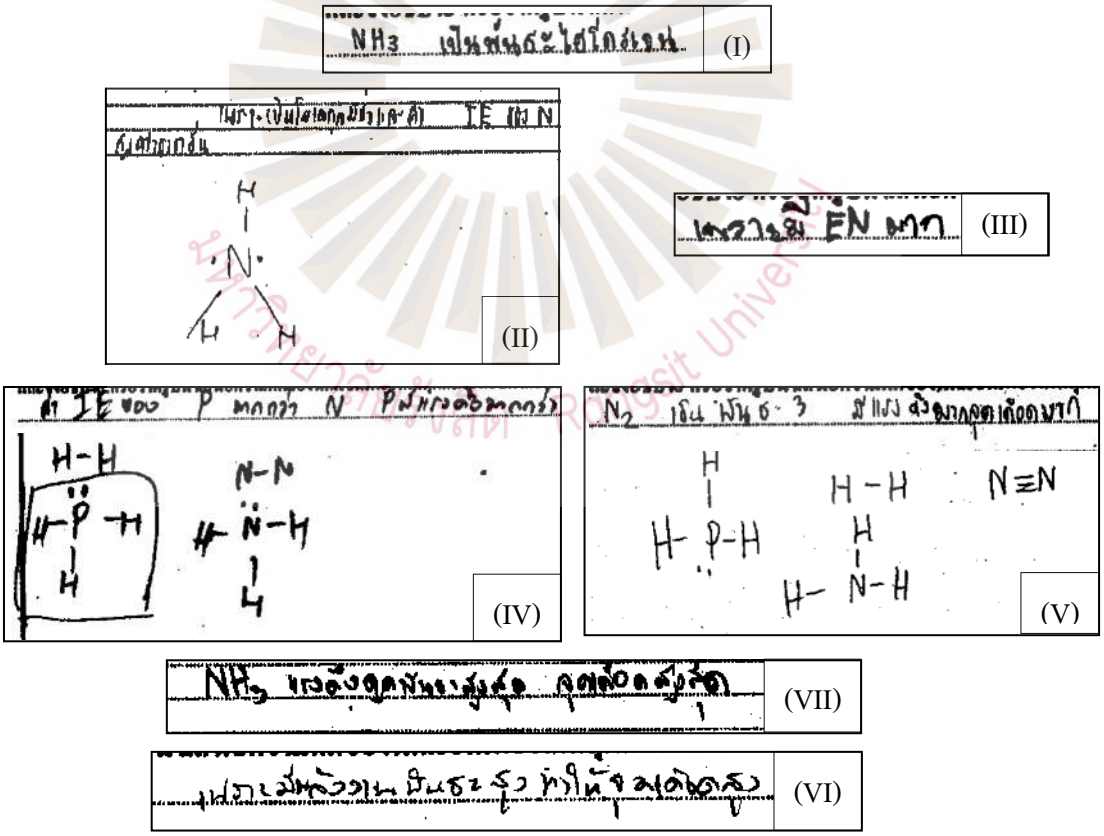
1) สารที่เลือกมีพันธะธะไฮโดรเจน แต่ระบุด้วยสูตรโมเลกุล หรือความมีขั้วของสาร (37.68%) (รูปที่ 4.25, (I) และ (II))

2) สารที่เลือกมีธาตุที่มีค่า EN สูงหรือใช้ค่า IE ร่วมการอธิบาย (24.64%) (รูปที่ 4.25, (III))

3) เขียนสูตรโครงสร้างของสารที่เลือก หรือเลือกมีพันธะคู่หรือพันธะสาม (14.49%) (รูปที่ 4.25, (IV))

4) อธิบายความแรงในแรงดึงดูงของสาร หรือความแรงในการดึงดูดของธาตุในสาร (8.7%) (รูปที่ 4.25, (VI))

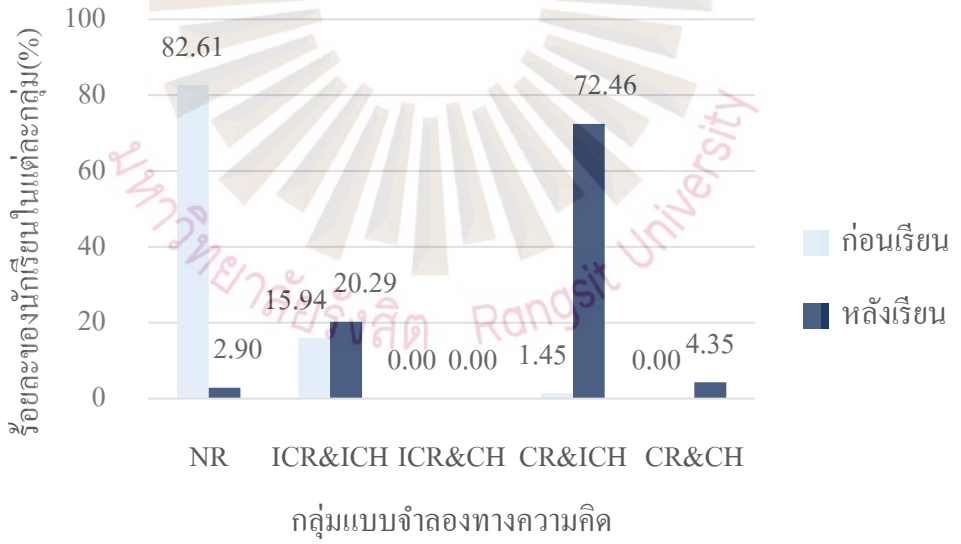
5) สารที่เลือกมีพลังงานพันธะสูง (1.45%) (รูปที่ 4.25, (V))



รูปที่ 4.25 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ซึ่งนักเรียนให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้อง (ต่อ)

4.1.6 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

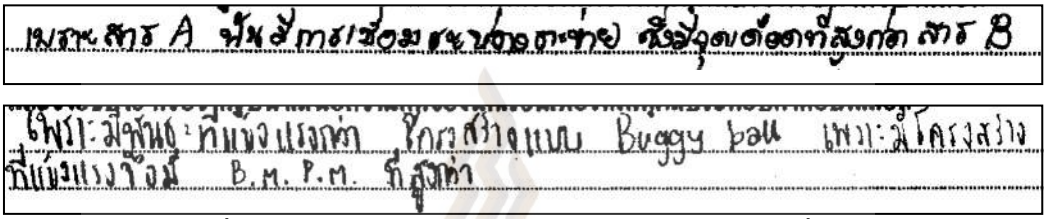
จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ผู้วิจัยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.26 ก่อนและหลังเรียน แสดงให้เห็นว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้วนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 4.35 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง(CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 71.01 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นอยู่ร้อยละ 4.35 และพบว่าไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) ในขณะที่จำนวนนักเรียนที่ไม่ได้แสดงแบบจำลองทางความคิดลดลงไปร้อยละ 79.71



รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

ในการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเปรียบเทียบและเลือกตอบสมบัติของสารโคเวเลนต์ร่างตาข่ายเทียบกับ

สารโคเวเลนต์ และให้อธิบายเหตุผลที่เลือก โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 4.35 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยมีแบบจำลองทางความคิดคือ สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเกิดจากการเชื่อมพันธะระหว่างตาข่าย หรือเกิดจากความแข็งแรงของโครงสร้าง โดยแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่เลือก
สารที่มีจุดเดือดสูงสุด โดยให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง
โดยสาร A คือสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 92.75 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 6 ลักษณะคือ

1) สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเกิดจากลักษณะโครงตาข่าย (24.64%) (รูปที่ 4.28 (I))

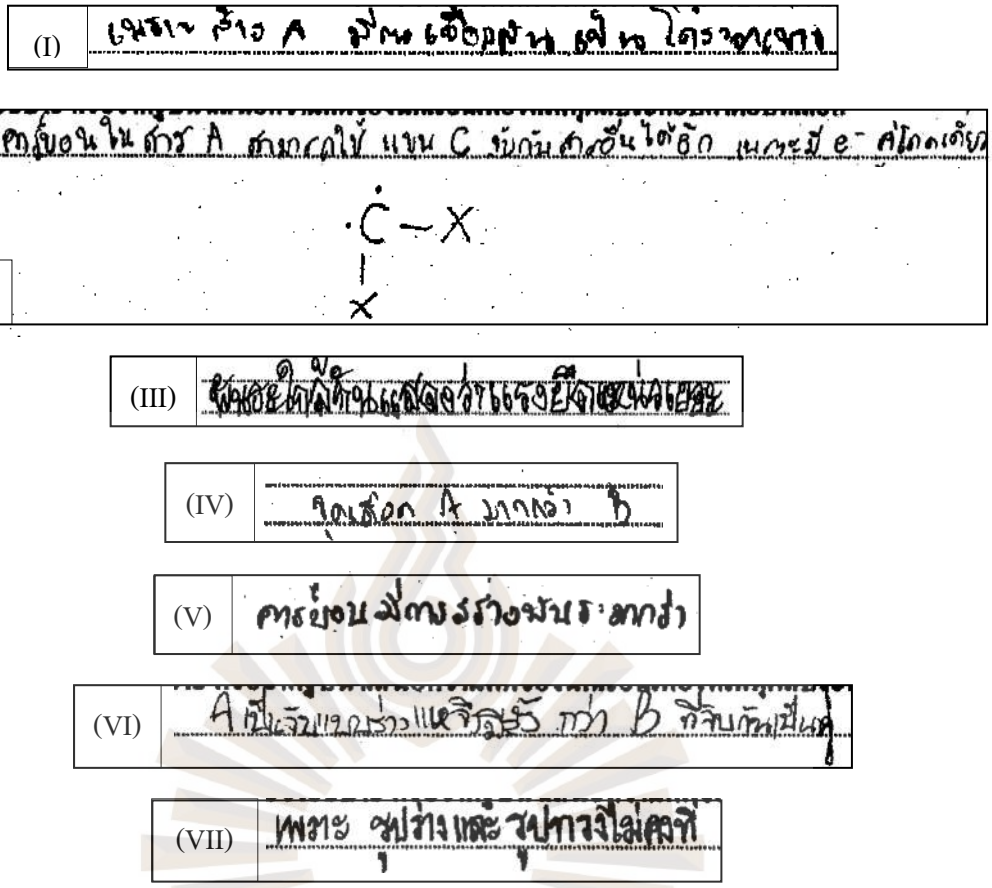
2) สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเกิดจากความสามารถในการสร้างพันธะเพิ่ม หรือเกิดจากความยาวพันธะ (43.48%) (รูปที่ 4.28 (II) และ (III))

3) สารโคเวเลนต์ร่างตาข่ายมีจุดเดือดสูง (14.49%) (รูปที่ 4.28 (IV))

4) สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเกิดจากจำนวนพันธะในสาร (5.80%) (รูปที่ 4.28 (V))

5) สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเกิดจากสภาพขั้ว (2.90%) (รูปที่ 4.28 (VI))

6) สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายเกิดจากรูปร่างที่ไม่คงที่ (1.45%) (รูปที่ 4.28 (VII))

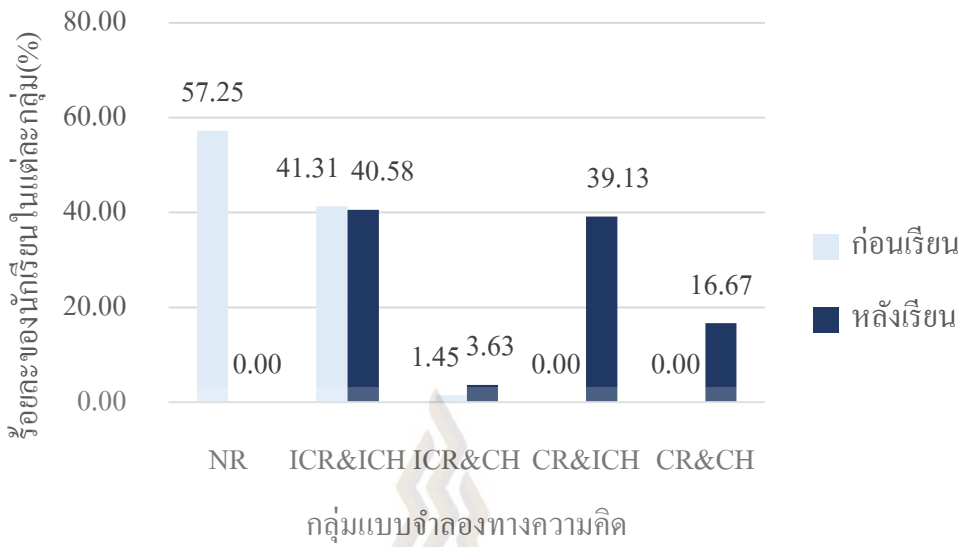


รูปที่ 4.28 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย ที่ให้เหตุผลแบบไม่สอดคล้อง โดยสาร A คือสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

4.1.7 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ในการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยานี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายตอบคำถาม 2 ข้อ โดยในข้อแรก ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร ClF_5 และในข้อที่สอง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร IOF_3 โดยแสดงภาพรวมร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จะเป็นผลจากการเฉลี่ยค่าร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้จากทั้งสองข้อนี้

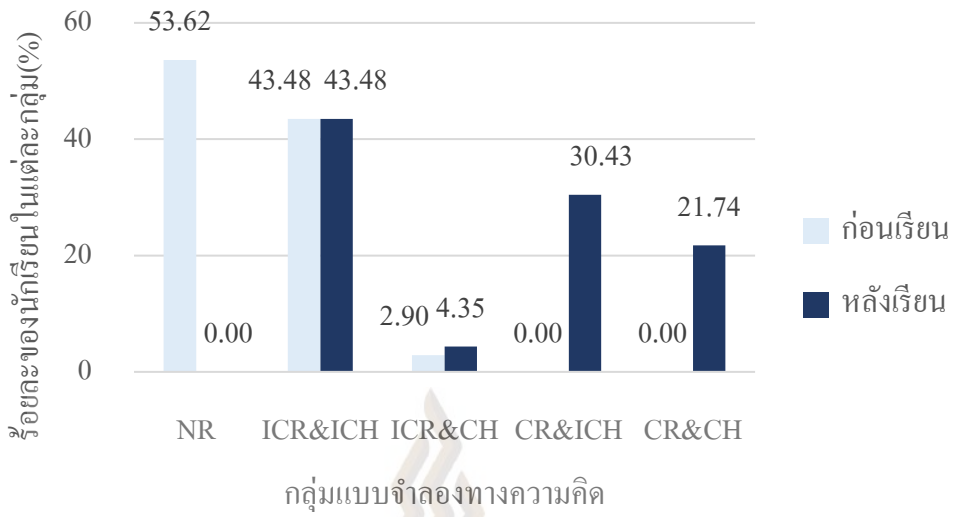
จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.29 แสดงให้เห็นว่า ภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก พบว่า



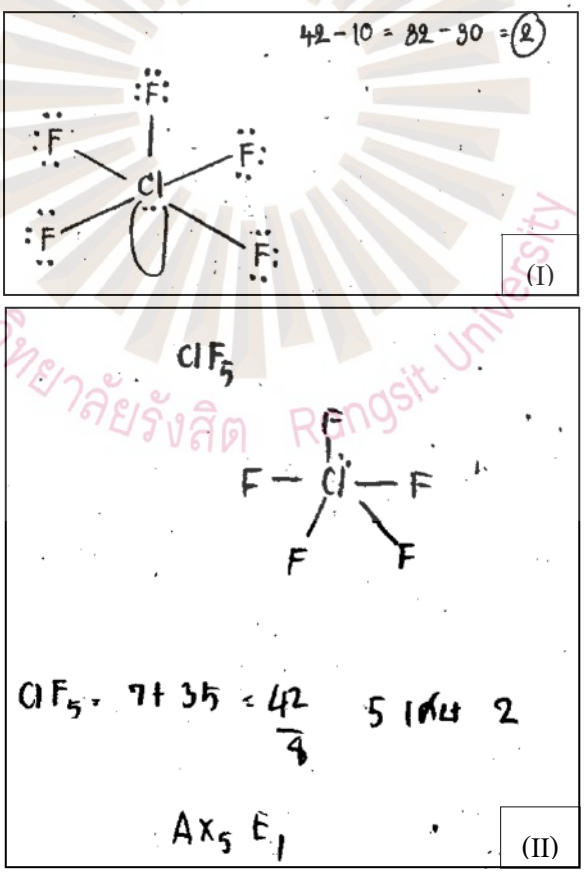
รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยแสดงภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 16.67 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 39.13 และพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.18 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนลดลงเล็กน้อยอยู่ร้อยละ 0.73 และไม่มีนักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองทางความคิดหลังจากการจัดการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เป็นรายข้อ โดยในข้อแรกนั้น ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร ClF_5 และได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ก่อนและหลังเรียน ตามรูปที่ 4.30 ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 26.09 โดยมีลักษณะแบบจำลองทางความคิดคือ เมื่อระบุอะตอมกลางและเขียนสูตรโครงสร้างแล้ว ระบุรูปร่างได้ด้วยการนับจำนวนพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (23.19%) ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 4.31 (I) หรือระบุรูปร่างได้ด้วยการหาผลรวมจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนหารด้วย 8 และค่าเศษหารด้วย 2 (2.90%) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.31 (II)



รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร ClF_5



รูปที่ 4.31 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้อธิบาย
รูปร่างโมเลกุลของสาร ClF_5 ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

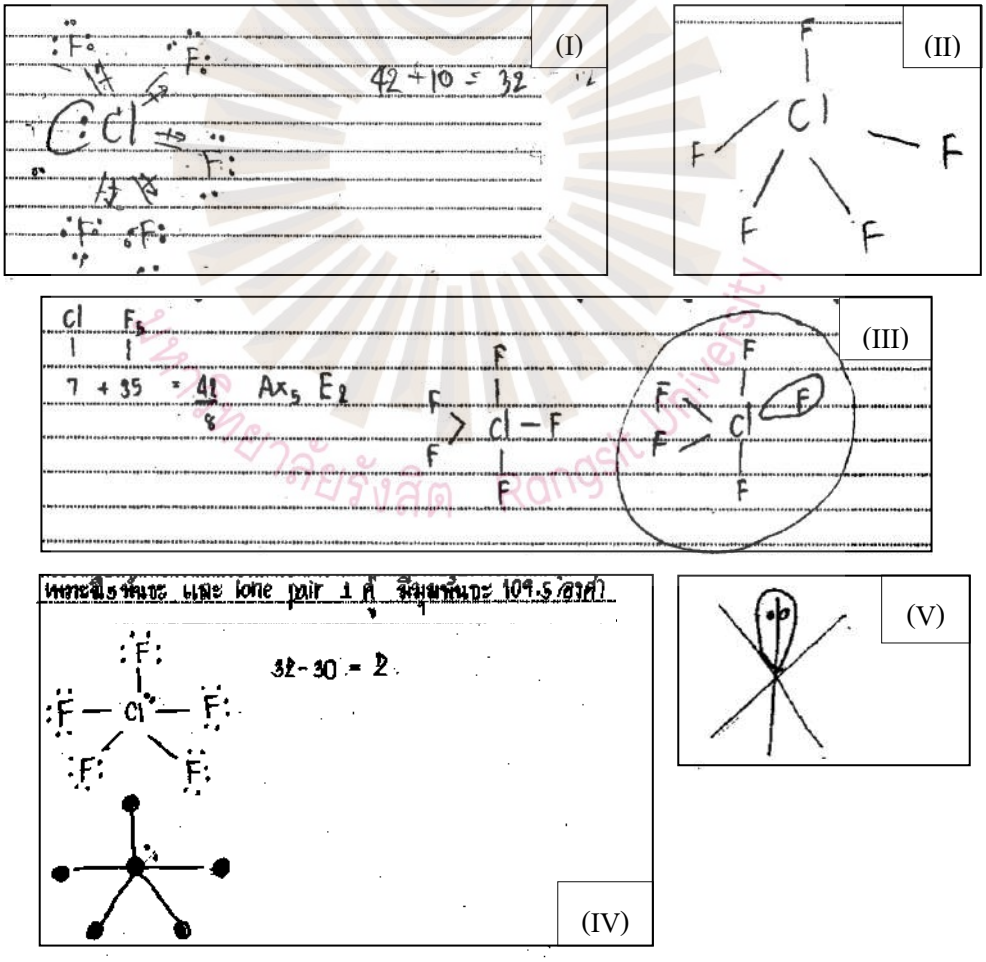
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน คิดเป็นร้อยละ 73.91 ซึ่งมีค่าสูง เพราะมีนักเรียนบางส่วนที่พัฒนาจากกลุ่มที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 4 แบบจำลองทางความคิด คือ เมื่อระบุอะตอมกลางและเขียนสูตรโครงสร้างแล้ว

1) เขียนสูตรโครงสร้างที่แสดงถึงรูปร่างโมเลกุลแบบไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว หรือแสดงเป็นรูปร่างที่บิดเบี้ยว (46.38%) (รูปที่ 4.32 (I) และ (II))

2) หาผลรวมจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนหารด้วย 8 แต่ไม่หารค่าเศษที่ได้ด้วย 2 (15.94%) (รูปที่ 4.32 (III))

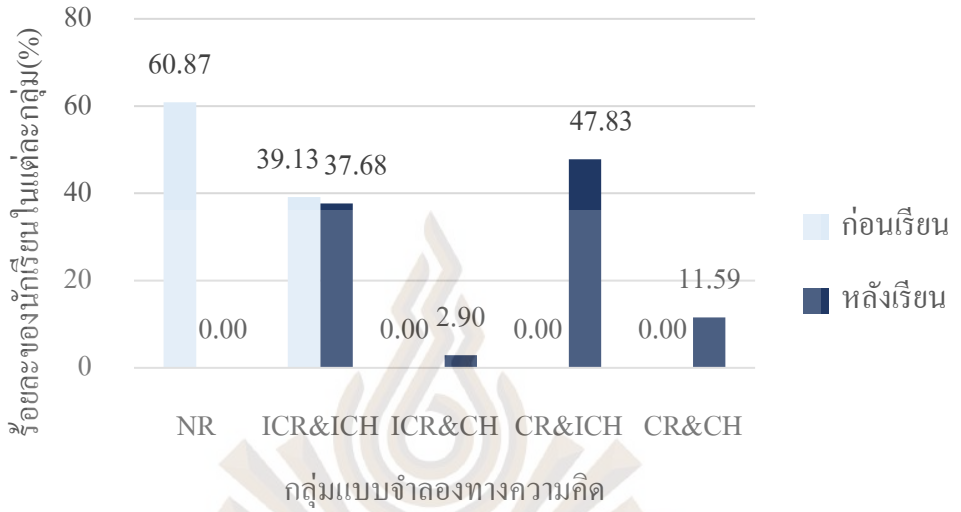
3) ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง หรือไม่นับจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง (10.14%) (รูปที่ 4.32 (IV))

4) แสดงเฉพาะเส้นพันธะ ไม่แสดงอะตอมธาตุ (1.45%) (รูปที่ 4.32 (V))



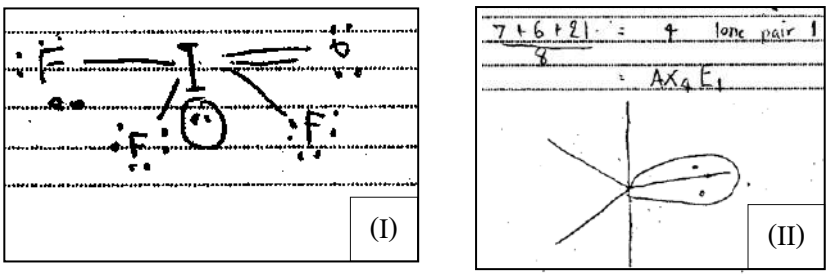
รูปที่ 4.32 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้
อธิบายรูปร่างของสาร ClF_5 ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ก่อนและหลังเรียน โดยให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร IOF_3 ได้ผลดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้อธิบายรูปร่างของสาร IOF_3

ในข้อถัดมา ที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของสาร IOF_3 พร้อมอธิบายเหตุผล โดยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.33 ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 14.49 โดยมีแบบจำลองทางความคิดคือ เมื่อระบุอะตอมกลางและเขียนสูตรโครงสร้าง แล้วระบุรูปร่างได้ด้วยการนับจำนวนพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (11.59%) ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 4.34 (I) หรือระบุรูปร่างได้ด้วยหาผลรวมจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนหารด้วย 8 และค่าเศษหารด้วย 2 (2.90%) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.34 (II)



รูปที่ 4.34 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่อธิบายรูปร่างของสาร IOF_3 ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

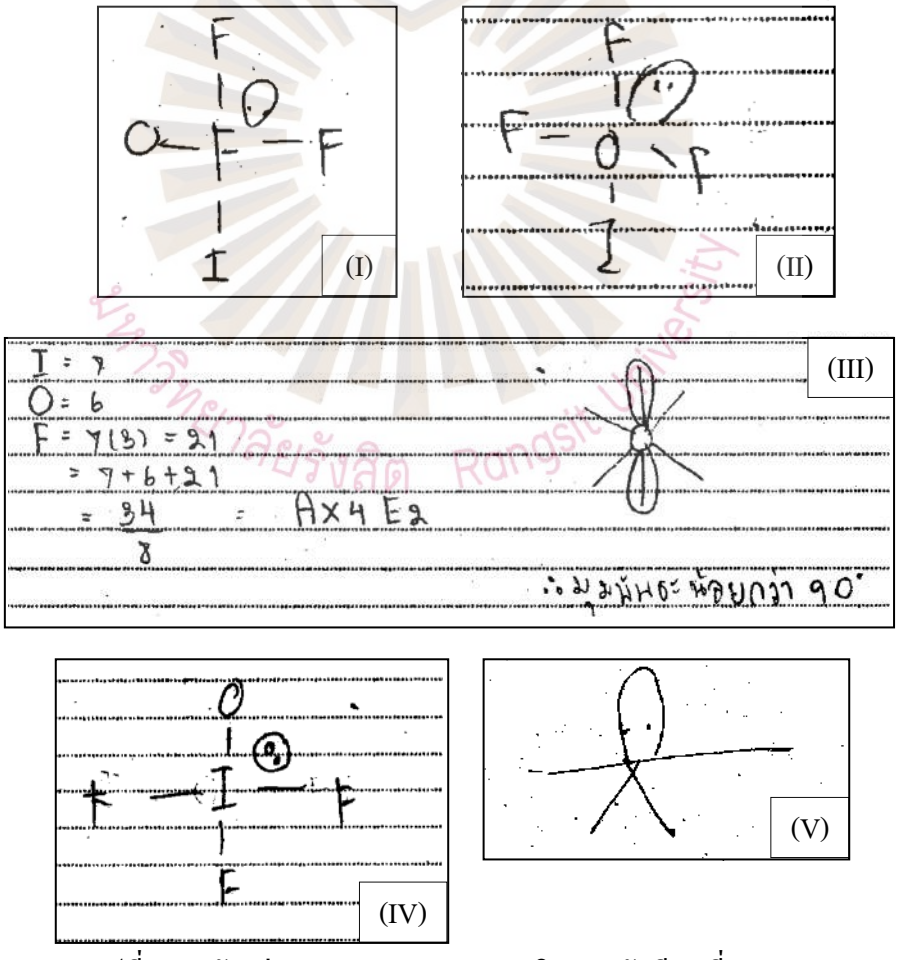
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน คิดเป็นร้อยละ 85.51 ซึ่งมีค่าสูง เพราะมีนักเรียนบางส่วนที่พัฒนาจากกลุ่มที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน และ พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 4 แบบจำลองทางความคิด คือ เมื่อระบุอะตอมกลางและเขียนสูตรโครงสร้างแล้ว

1) แต่ระบุธาตุที่เป็นอะตอมกลางไม่ถูกต้อง (60.87%) (รูปที่ 4.35 (I) และ (II))

2) หาผลรวมจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนหารด้วย 8 แต่ไม่หารค่าเศษที่ได้ด้วย 2 (11.59%) (รูปที่ 4.35 (III))

3) ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง หรือ มีชนิดของพันธะไม่ถูกต้อง (10.14%) (รูปที่ 4.35 (IV))

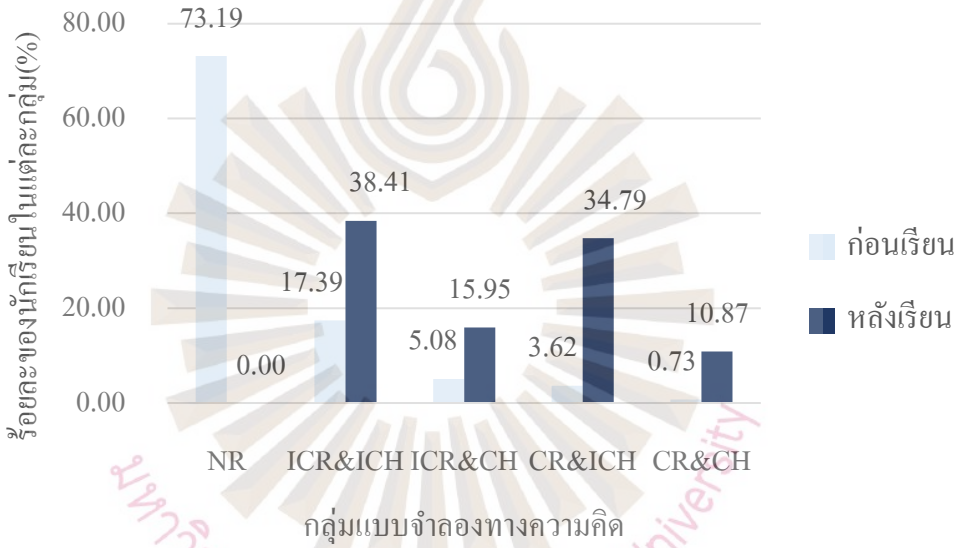
4) แสดงเฉพาะเส้นพันธะ ไม่แสดงอะตอมธาตุ (2.90%) (รูปที่ 4.35 (V))



รูปที่ 4.35 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่คำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้ ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

4.1.8 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

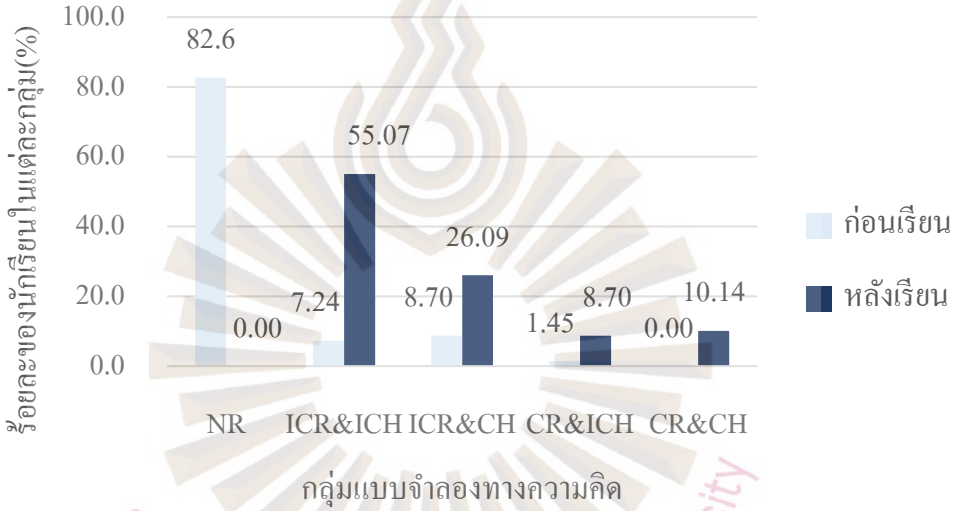
ในการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์นี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายตอบคำถาม 2 ข้อ โดยในข้อแรก ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่างซิลิกอน (Si) และคลอรีน (Cl) และในข้อที่สอง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H โดยแสดงภาพรวมร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ จะเป็นผลจากการเฉลี่ยค่าร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้จากทั้งสองข้อนี้ ทั้งก่อนและหลังเรียน โดยแสดงในรูปที่ 4.36



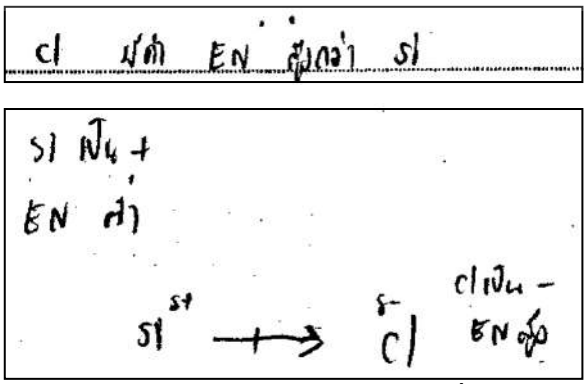
รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยแสดงภาพรวมร้อยละตามกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 4.36 แสดงให้เห็นว่า ภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกแล้ว นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์และสอดคล้อง (CR&CH) มีจำนวนมากขึ้น ร้อยละ 10.04 และร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) มีจำนวนมากขึ้นอยู่ร้อยละ 31.17 และพบว่านักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มสอดคล้องแต่ไม่ถูกต้อง (ICR&CH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.87 และนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) มีจำนวนเพิ่มขึ้นอยู่ร้อยละ 21.02 และไม่มีนักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองทางความคิดหลังจากการจัดการเรียนรู้

เมื่อพิจารณาผลเป็นรายข้อ โดยในข้อที่แรกที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่างซิลิกอน (Si) และคลอรีน (Cl) โดยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนทั้งก่อนและหลังเรียน ตามรูปที่ 4.37 ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 36.23 โดยมีลักษณะแบบจำลองทางความคิดคือ การเปรียบเทียบค่า EN ของธาตุ โดยธาตุที่มี EN มากกว่ามีสภาพขั้วพันธะเป็นลบ และธาตุที่มีค่า EN ต่ำกว่ามีสภาพขั้วพันธะเป็นบวก ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่างซิลิกอน (Si) และคลอรีน (Cl)



รูปที่ 4.38 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่ได้อธิบาย สภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่าง Si และ Cl ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

ในทางกลับกัน การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน คิดเป็นร้อยละ 63.77 ซึ่งมีค่าสูง เพราะมีนักเรียนบางส่วนที่พัฒนาจากกลุ่มที่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดก่อนเรียน และพบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 5 แบบจำลองทางความคิด คือ

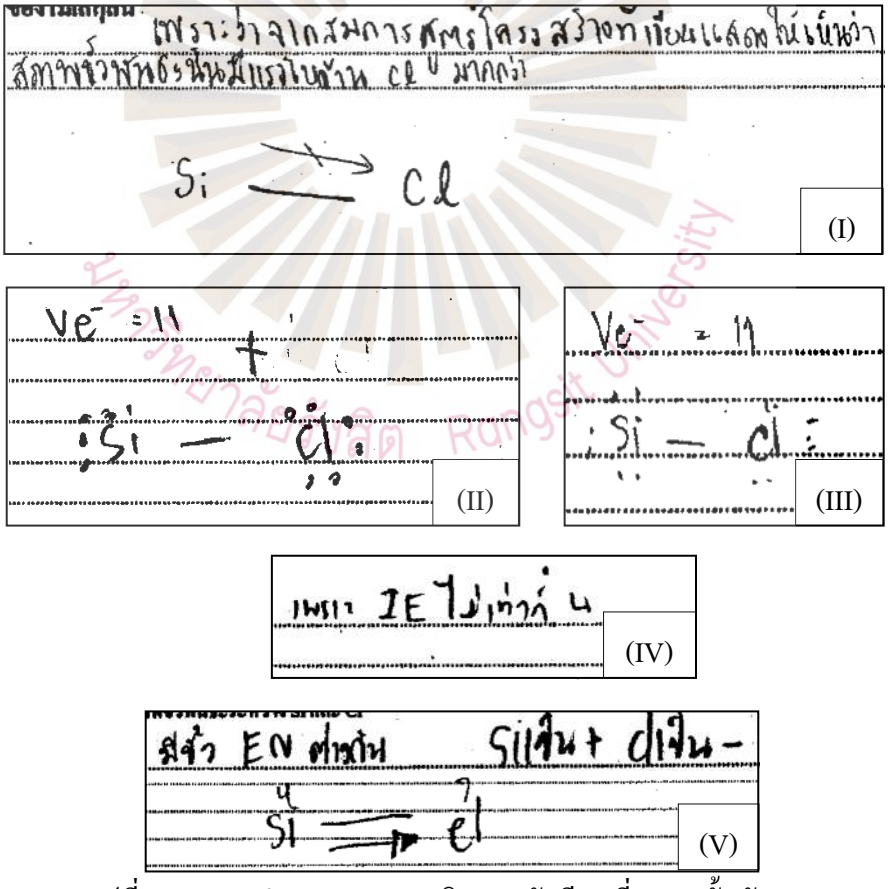
1) เขียนแสดงทิศทางสภาพขั้ว แต่ไม่เปรียบเทียบค่า EN ของธาตุ หรือแสดงสภาพขั้วพันธะที่ไม่ถูกต้อง (28.99%) (รูปที่ 4.39 (I) และ (II))

2) เขียนพันธะเพียงอย่างเดียว (17.39%) (รูปที่ 4.39 (III))

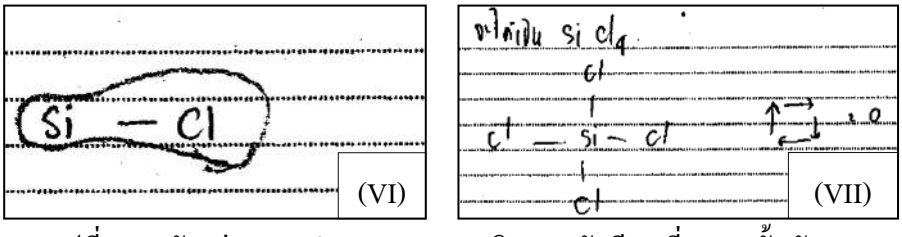
3) อธิบายความหมายของสภาพขั้วพันธะ หรือ ใช้ค่า IE เพื่ออธิบาย (10.14%) (รูปที่ 4.39 (IV) และ (V))

4) แสดงความหนาแน่นของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน (4.35%) (รูปที่ 4.39 (VI))

5) เขียนสูตรโครงสร้างโมเลกุล $SiCl_4$ และแสดงสภาพขั้วโมเลกุล (2.90%) (รูปที่ 4.39 (VII))

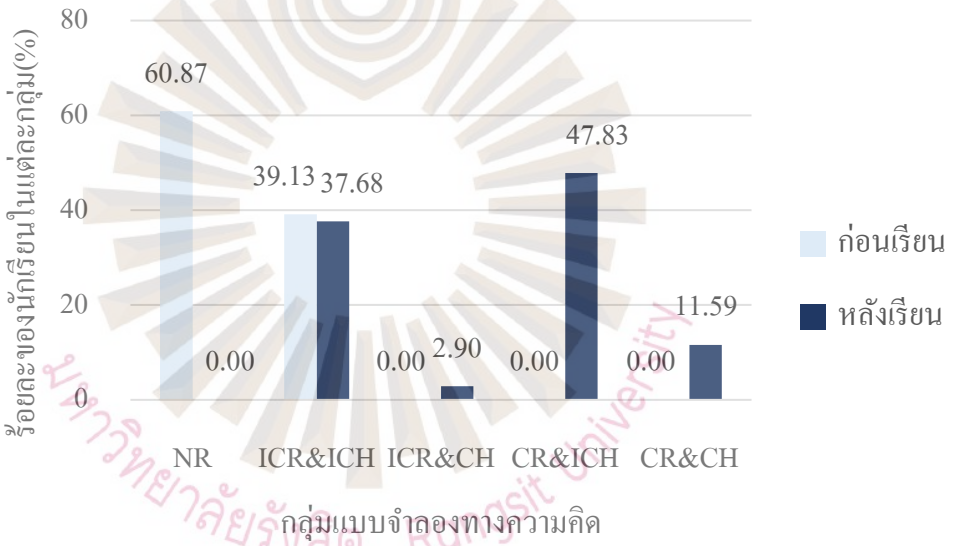


รูปที่ 4.39 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่สภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่าง Si และ Cl โดยให้เหตุผลไม่สอดคล้อง



รูปที่ 4.39 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่สภาพขั้วพันธะของพันธะระหว่าง Si และ Cl โดยให้เหตุผลไม่สอดคล้อง (ต่อ)

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H พร้อมอธิบายเหตุผล ก่อนและหลังเรียน ได้ผลดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H พร้อมอธิบายเหตุผล

ในข้อถัดมา ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H พร้อมอธิบายเหตุผล โดยได้แสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนตามรูปที่ 4.40 ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง (Coherence, CH) อยู่ร้อยละ 14.49 โดยมีแบบจำลองทางความคิดคือ เมื่อระบุ

อะตอมกลางและเขียนสูตรโครงสร้างแล้ว ระบุสภาพขั้วโมเลกุลได้เมื่อการรวมเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะของทุกพันธะในโมเลกุลนั้นหักล้างกันไม่หมด ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 4.41

รูปที่ 4.41 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่อธิบายสภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H ซึ่งให้เหตุผลได้อย่างสอดคล้อง

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้อง (Incoherence, ICH) ในข้อเดียวกัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.51 พบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในกลุ่มนี้จำแนกได้ 4 แบบจำลองทางความคิด คือ เมื่อระบุอะตอมกลางและเขียนสูตรโครงสร้างแล้ว

1) แสดงเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะในโมเลกุล แต่ไม่รวมเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะ (49.28%) (รูปที่ 4.42 (I) และ (II))

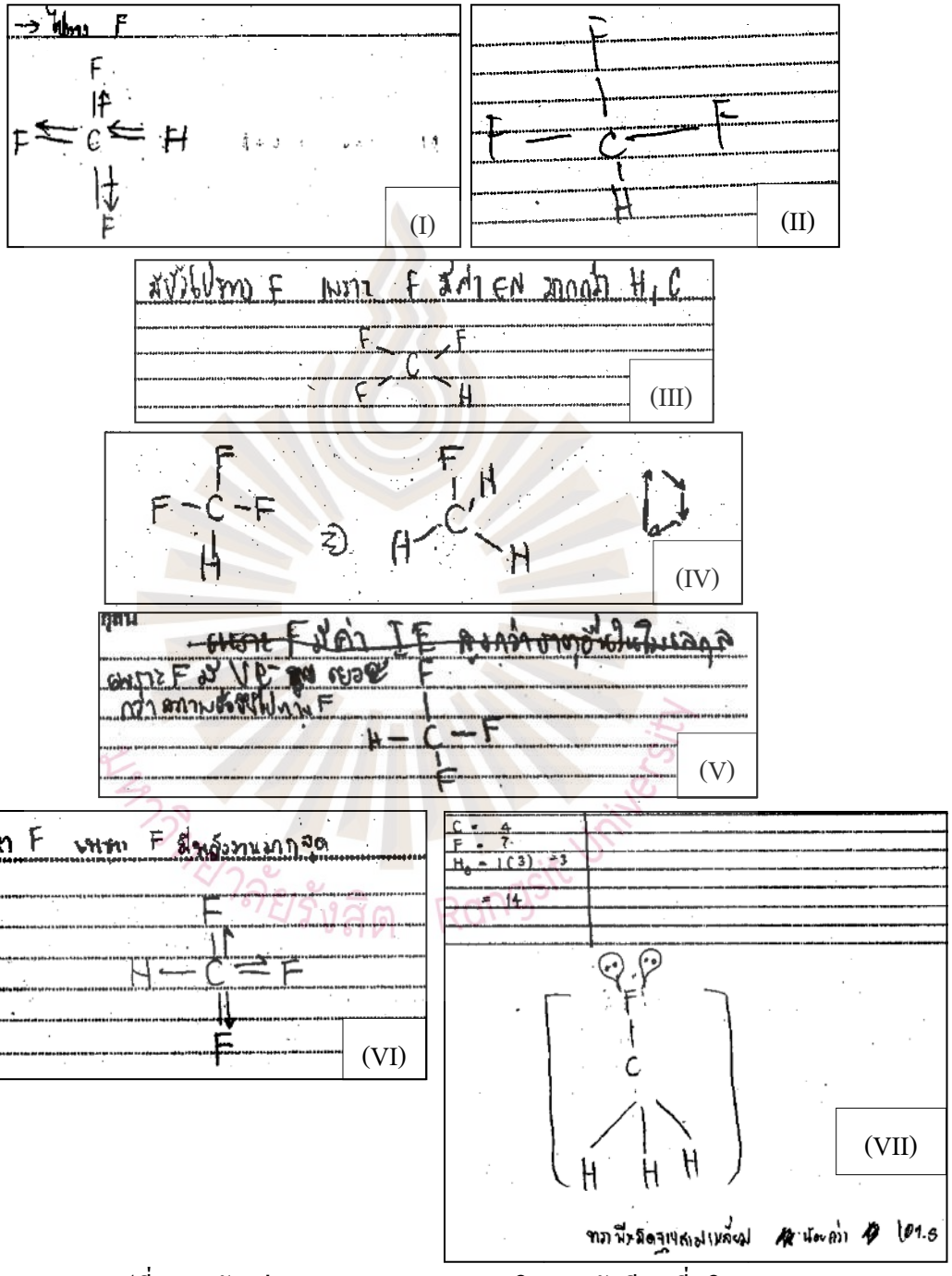
2) แต่ไม่แสดงเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะ (18.84%) (รูปที่ 4.42 (III))

3) ระบุว่าธาตุที่มี EN สูงเป็นขั้วลบของโมเลกุล (10.15%) (รูปที่ 4.42 (IV))

4) แสดงเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะในโมเลกุล แต่รวมเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะแล้วหักล้างกันหมด (2.90%) (รูปที่ 4.42 (V))

5) ระบุว่าธาตุที่มี EN สูงมีผลต่อสภาพขั้วโมเลกุล เช่น มีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาก หรือมีพลังงานสูง (2.90%) (รูปที่ 4.42 (VI))

6) แต่ใช้สูตรโมเลกุลที่ไม่ถูกต้องมาเขียนเป็นสูตรโครงสร้าง (1.45%) (รูปที่ 4.42 (VII))



รูปที่ 4.42 ตัวอย่างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่อธิบาย
สภาพขั้วโมเลกุลของสาร CF_3H ซึ่งให้เหตุผลไม่สอดคล้อง

จากการวิเคราะห์ผลของการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยภาพรวมพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิดออกมา (NR) หรือมีแบบจำลองที่ไม่สมบูรณ์ ชนิดไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้อง (ICR&ICH) และมีเพียงส่วนน้อยที่มีแบบจำลองที่สมบูรณ์ (CR&CH) และหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เกิดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ไปสู่แบบจำลองที่สมบูรณ์ หรือแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้องได้ (CR&ICH) และพบว่านักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองทางความคิดลดลงไปเป็นอย่างมาก แต่ก็ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงมีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องอยู่ (ICR&ICH) นอกจากนี้ นักเรียนยังมีแบบจำลองทางความคิดย่อยในเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ที่แตกต่างกันแม้จะเป็นเนื้อหาเดียวกัน การพัฒนาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้มากหรือน้อยนั้นจึงขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลและเนื้อหาของแบบจำลองทางความคิดนั้น ๆ ด้วย

4.2 ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการปฏิบัติการสอนตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988 อ้างถึงใน จีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.23-24) ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกตผล (Observation) และขั้นสะท้อนผลปฏิบัติการ (Reflection) ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติการสอน ได้แก่ บันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและแบบบันทึกพฤติกรรมการสอนของครู และสมุดบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

ในรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสอนเป็น 4 ขั้นตอน ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่ ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ขั้นนำแบบจำลองไปใช้งานและประเมินผล ขั้นปรับแก้แบบจำลอง ขั้นขยายแบบจำลอง และได้ใช้งานแผนผังความคิดความคิดประกอบการ

จัดการเรียนรู้ โดยใช้เป็นตัวแบบสำหรับการสร้างแบบจำลองของนักเรียน หรือใช้เป็นเครื่องมือเพื่อเสริมการอธิบาย ตามความเหมาะสมของเนื้อหา โดยก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยได้วัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบการให้เหตุผล จำนวน 8 ข้อ และแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ 4 ข้อ รวมทั้งสิ้น 12 ข้อ พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย และอธิบายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

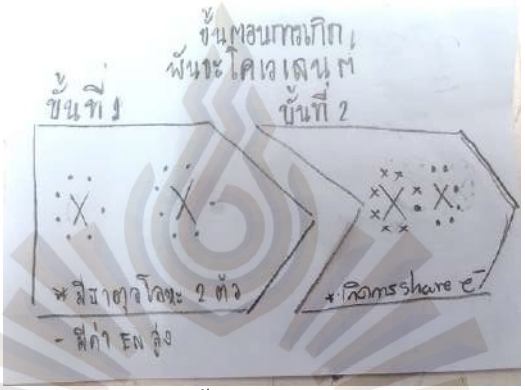
4.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และความยาวพันธะ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และความยาวพันธะนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม โดยสุ่มให้นั่งเป็นกลุ่มทีละบุคคล แต่หนึ่งกลุ่มจะมีจำนวนนักเรียนได้ไม่เกิน 5 คน และในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยได้จัดเริ่มการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนรับชมวิดีทัศน์ Covalent Bonds | Cell Biology | Biochemistry (Greatpacificmedia, 2009) และเสนอความหมายของพันธะโคเวเลนต์ จากนั้นจึงให้นักเรียนเขียนอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุหมู่ 7 ลงในกระดาษแผ่นเล็กสองแผ่น แล้วครูจึงเปรียบเทียบการเกิดพันธะโคเวเลนต์โดยการนำกระดาษที่เขียนอะตอมของธาตุหมู่ 7 ทั้งสองใบเคลื่อนที่มาทับกันเฉพาะส่วนที่มีอิเล็กตรอน จากนั้นจึงให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ลงในกระดาษ โดยครูแนะนำให้นักเรียนใช้แผนภาพขั้นตอนในการอธิบาย ดังรูปที่ 4.43 จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายคำถามร่วมกันทั้งหมด 4 ข้อ โดยอภิปรายว่าพันธะโคเวเลนต์จะเป็นอย่างไรเมื่อ

1) ทั้งสองอะตอมไม่สามารถยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนไว้ได้ จะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้น
2) ทั้งสองอะตอมอยู่ในระยะที่ห่างกันมาก ๆ
3) ทั้งสองอะตอมอยู่ในระยะที่ชิดกันมาก ๆ
4) ทั้งสองอะตอมอะตอมไม่เสถียรหลังเกิดพันธะ

โดยครูช่วยนักเรียนสรุปประเด็นหลังการอภิปราย คือ พันธะโคเวเลนต์จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ(EN) ระยะห่างระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ (ความยาวพันธะ) และความเสถียรของอะตอมคู่ร่วมพันธะ(กฎออกเตต) ต่อจากนั้น นักเรียนและครูได้ตรวจสอบว่าพันธะระหว่าง O_2 และ N_2 ว่าเป็นพันธะโคเวเลนต์หรือไม่ ซึ่งเมื่อนักเรียนพิจารณาตามกฎออกเตตแล้ว จะเห็นได้ว่าทั้งสองโมเลกุลจะมีจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันต่างกัน ครูจึงอธิบายเกี่ยวชนิดของพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสามให้นักเรียนฟัง และครูจึงสอบถามนักเรียนต่อว่า

ความยาวพันธะระหว่างพันธะคู่และพันธะสามจะเท่ากันหรือไม่ อย่างไร และพันธะใดจะยาวกว่ากัน เมื่ออภิปรายคำถามเสร็จสิ้น นักเรียนจะทำการเขียนแผนภาพขั้นตอนใหม่อีกครั้ง โดยต้องระบุปัจจัยที่ได้ศึกษาเพิ่มเติมมาด้วย หลังจากนั้นจึงให้นักเรียนถ่ายรูปบันทึกแผนภาพดังกล่าวลงในแอพพลิเคชันไลน์ โดยบันทึกลงในอัลบั้มของกลุ่มนักเรียนภายในกลุ่มห้องเรียนเคมี จากนั้นจึงให้นักเรียนได้พิจารณาคู่ธาตุที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ และศึกษาชนิดพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างธาตุบางชนิด



รูปที่ 4.43 ภาพตัวอย่างแผนภาพขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียน

หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์มากขึ้น โดยสังเกตได้จากการตอบคำถามในช่วงท้ายของการจัดการเรียนรู้ และจากกระดาษที่นักเรียนได้เขียนแผนภาพขั้นตอนของกลุ่ม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในแผนการเรียนรู้นี้ได้กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดตามอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ของตนเองได้ดีขึ้น

ปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้นี้ มีดังนี้

1) นักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจการเขียนแผนภาพขั้นตอน

2) นักเรียนบางกลุ่มแสดงท่าทีที่ไม่ต้องการแก้ไขแผนผังของกลุ่มตนเอง

3) นักเรียนหลายกลุ่มไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับความเสถียรของโมเลกุล

4) ผู้วิจัยดำเนินการสอนได้ช้า โดยใช้เวลาในการวิพากษ์แผนผังของนักเรียนค่อนข้างนาน ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการสอนนาน

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป มีดังนี้

1) ผู้วิจัยควรอธิบายลักษณะของแผนผังกราฟิกก่อนให้นักเรียนเขียนด้วยตนเอง

2) ผู้วิจัยชี้แจงว่าเป็นลักษณะของรูปแบบการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องแก้ไขความรู้ของตนเองให้ถูกต้อง แต่เพื่อความสะดวกใจของนักเรียน ผู้วิจัยจึงให้กระดาษเพิ่มให้นักเรียนเพื่อให้ทำปรับปรุงแผนผังกราฟิกเดิมลงในกระดาษใบใหม่

3) ผู้วิจัยอธิบายความหมายของความเสถียรของโมเลกุลเพิ่มเติม

4) ผู้วิจัยปรับการพูดและการอภิปรายให้เร็วมากขึ้น และอาจพิจารณาลดทอนโจทย์ปัญหาในชั้นเรียนออกเป็นบางข้อจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้

4.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สารประกอบโคเวเลนต์และโครงสร้างเรโซแนนซ์

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และความยาวพันธะนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม โดยนั่งตามกลุ่มเดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และในชั่วโมงที่หนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยได้จัดเริ่มการจัดการเรียนรู้โดยการทบทวนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ให้กับนักเรียน จากนั้นจึงให้นักเรียนเขียนพันธะของ HCl โดยมีอธิบายการเขียนสูตรแบบเส้นเพิ่ม หลังจากนั้นจึงให้นักเรียนวาดโครงสร้างของ NCl_3 และคำนวณประจุฟอร์มัลตามที่สูตรครูกำหนดให้ แล้วจึงเขียนแผนภาพขั้นตอนการเขียนสูตรโครงสร้างโมเลกุลของกลุ่มขึ้นมา ดังรูปที่ 4.44 จากนั้นจึงเขียนสูตรโครงสร้างของสารที่มีพันธะที่เป็นไปตามกฎออกเตต ต่อมา นักเรียนจะได้ศึกษาสารที่มีพันธะที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต โดยเริ่มศึกษาจากสูตรโครงสร้าง AlH_3 แล้วครูจึงอธิบายเกี่ยวกับอะตอมที่อาจไม่เกิดพันธะตามกฎออกเตตและอธิบายเกี่ยวกับพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์

รูปที่ 4.44 ภาพตัวอย่างแผนภาพขั้นตอนการเขียนสูตรโครงสร้างของนักเรียน

ในชั่วโมงที่ 2 ครูจึงได้ทบทวนเกี่ยวกับอะตอมที่อาจไม่เกิดพันธะตามกฎออกเตตและพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์อีก และให้นักเรียนทำการปรับปรุงแผนภาพขั้นตอนการเขียนสูตรโครงสร้างของกลุ่มใหม่อีกครั้ง โดยเสริมประเด็นของพันธะที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตและพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์เข้าไป จากนั้นจึงให้นักเรียนได้เขียนสูตรโครงสร้างจากสารที่อยู่ในหนังสือเรียนของตนเอง ซึ่งระหว่างที่นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างนั้น ครูจะสอดแทรกวิธีการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ไปด้วย โดยใช้แผนภาพกล่องว่าง (Blank Box) เพื่ออธิบายการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ต่อจากนั้น นักเรียนทำการเขียนสูตรโครงสร้างของ NO_3^- และนำมาเปรียบเทียบกัน แล้วครูจึงอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวโครงสร้างเรโซแนนซ์ให้นักเรียนฟัง

หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือตือร้นในการเรียนรู้ และเกิดความเข้าใจในการเขียนสูตรโครงสร้างเคมีอย่างง่ายเช่น HCl และ CO_2 ได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังใช้เวลานานมากขึ้นเมื่อให้เขียนสูตรโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้นเช่น NCl_3 และ AlH_3 โดยใช้เวลาอย่างน้อย 2-3 นาทีต่อโครงสร้าง และในชั่วโมงที่สองนั้น ผู้วิจัยยังพบสถานการณ์เดียวกันคือ นักเรียนใช้เวลาในการเขียนสูตรโครงสร้างนานมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องคำนึงถึงโอกาสในการเกิดพันธะคู่ พันธะสามหรือพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ ซึ่งอาจเกิดจากการที่กิจกรรมกีฬาสีตรงกันกับช่วงเวลาสอนทั้งหมดของผู้วิจัย ทำให้นักเรียนต้องเว้นช่วงการเรียนไป 1 อาทิตย์ซึ่งทำให้ไม่ได้ฝึกฝนการเขียนสูตรโครงสร้างอย่างต่อเนื่องเท่าที่ควร แต่นักเรียนเกิดความเข้าใจได้รวดเร็วเกี่ยวกับการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ นักเรียนยังสามารถตอบคำถามและอธิบายลักษณะของสารที่มีโครงสร้างเรโซแนนซ์ได้เกือบทั้งชั้นเรียน

ปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้นี้ มีดังนี้

1) ความรู้ของนักเรียนขาดหายไปบางส่วนหลังเริ่มจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงที่ 2 ทำให้ผู้วิจัยต้องใช้เวลาทบทวนให้แก่นักเรียน ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาจัดการเรียนรู้น้อยลง

2) นักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และไม่กล้าแสดงสูตรโครงสร้างที่เขียนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ครูช่วยตรวจสอบ

3) นักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นระหว่างการอภิปราย หรือซักถามผู้วิจัย แต่จะสอบถามผู้วิจัยเมื่อผู้วิจัยได้เข้าไปพูดคุยกับนักเรียนในกลุ่ม

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป มีดังนี้

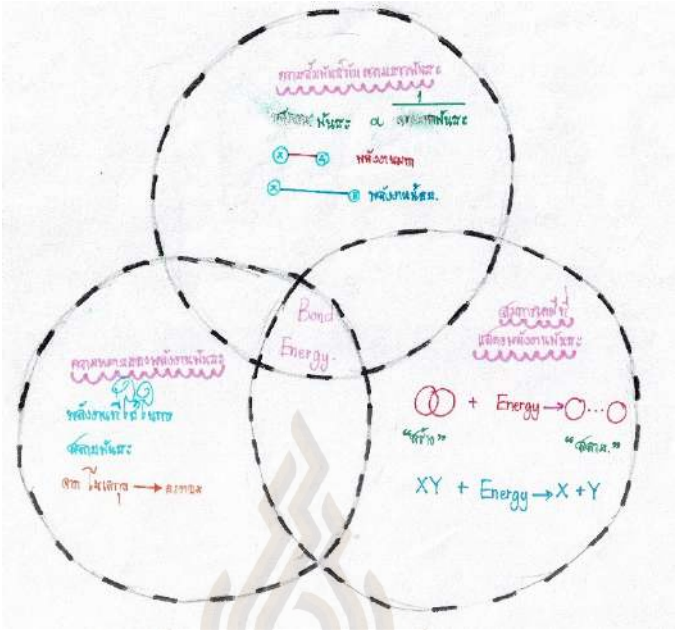
1) ผู้วิจัยชี้แจงประเด็นสำคัญในชั่วโมงที่ 1 ให้นักเรียนกลับไปอ่านหนังสือทบทวนเบื้องต้น ก่อนที่ผู้วิจัยจะทบทวนให้ในชั้นเรียนอีกครั้งหนึ่ง

2) ผู้วิจัยทำการเดินไปรอบ ๆ ห้องเรียนและเข้าหานักเรียนเพื่อสอบถามการความเข้าใจหรือข้อสงสัยที่เกิดขึ้น

3) ผู้วิจัยจะแจกแจงกระดาษสีแดงและสีเขียวให้ทุกกลุ่ม โดยกระดาษสีแดงสื่อถึงความไม่เห็นด้วยต่อประเด็นที่อภิปรายหรือยังเกิดข้อสงสัย และกระดาษสีเขียวแสดงถึงความเห็นพ้องต้องกันหรือไม่เกิดข้อสงสัยเกี่ยวความรู้ที่ได้ศึกษาไป ซึ่งนักเรียนจะมีอิสระในการยกกระดาษสีนี้ได้ทั้งชั่วโมงเรียน

4.2.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม โดยนั่งตามกลุ่มเดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยผู้วิจัยได้จัดเริ่มการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงดึงดูดระหว่างอะตอมของโมเลกุลโคเวเลนต์สมมุติสองโมเลกุล ซึ่งมีความยาวพันธะต่างกัน จากนั้นจึงอธิบายถึงความหมายของพลังงานพันธะ และให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความยาวพันธะและพลังงานพันธะลงในกระดาษใบเล็ก จากนั้นจึงให้เปรียบเทียบพลังงานพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์บางคู่ที่มีบางอะตอมเหมือนกัน ต่อมา นักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายว่าพลังงานพันธะสามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้หรือไม่ โดยครูจะเปิดรูปกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ของอะตอมระหว่างการเกิดพันธะโคเวเลนต์เป็นตัวช่วยให้นักเรียนได้เกิดแนวคิด จากนั้นจึงนักเรียนช่วยสรุปว่า ความต่างของพลังงานศักย์ก่อนและหลังเกิดพันธะโคเวเลนต์นั้นคือพลังงานพันธะ และให้นักเรียนศึกษาการเขียนสมการแสดงพลังงานพันธะ แล้วจึงสรุประเด็นต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาไปลงในแผนภาพวงกลม ดังรูปที่ 4.45 ซึ่งเขียนคำว่าพลังงานพันธะอยู่ตรงกึ่งกลาง เมื่อนักเรียนได้ปรับปรุงแผนผังเสร็จเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะได้แสดงความเห็นว่าค่าพลังงานในสมการปฏิกิริยาเคมีเป็นค่าพลังงานพันธะหรือไม่ แล้วครูจึงอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพลังงานของปฏิกิริยา สาธิตการกำหนดเครื่องหมายพลังงานพันธะและการคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาจากพลังงานพันธะ ต่อจากนั้นจึงให้นักเรียนได้ศึกษาและคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่กำหนดให้



รูปที่ 4.45 ภาพตัวอย่างแผนภาพวงกลมการเพื่อระบุประเด็นที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานพันธะ

หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนให้ความสนใจในการเปรียบเทียบแรงดึงดูดระหว่างอะตอมของโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยเปรียบเทียบจากความยาวพันธะที่แตกต่างกัน เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มักแสดงความคิดเห็นในประเด็นนี้ แต่นักเรียนมักไม่แสดงความคิดเห็นเมื่อให้อภิปรายว่าพลังงานพันธะสามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้หรือไม่ โดยมีนักเรียน 3 คนที่กล้าออกความคิดเห็น แต่นักเรียนกลับแสดงความเข้าใจได้เร็วเมื่อให้ศึกษาโดยใช้สมการแสดงพลังงานพันธะ และสามารถพัฒนาความเข้าใจได้ดีเมื่อให้ศึกษาการคำนวณพลังงานพันธะ ซึ่งสังเกตได้จากความกระตือรือร้นในการตอบคำถามและการทำโจทย์ในสมุดของนักเรียน

ปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้นี้ มีดังนี้

1) นักเรียนบางคนคัดลอกวิธีการคำนวณกับคำตอบของโจทย์เกี่ยวกับพลังงานพันธะจากเพื่อนในกลุ่ม เนื่องจากไม่ต้องการตอบผิด

2) การควบคุมชั้นเรียนเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องเปลี่ยนห้องเรียนเป็นห้องเรียนในแนวยาว ทำให้นักเรียนมองเห็นโปรเจคเตอร์ไม่ชัดเจนและขาดความสนใจไปโดยเฉพาะระหว่างการสาธิตการคำนวณพลังงานของปฏิกิริยาที่ต้องแสดงขั้นตอนการคำนวณ

3) นักเรียนชี้แจงผู้วิจัยว่า กระดาษที่ให้เขียนแผนผังวงกลมนั้นมีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ต้องเขียนแบบอัดแน่น และทำให้รู้สึกขาดอิสระในการแสดงความคิดของตนเองออกมา

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป มีดังนี้

1) ผู้วิจัยชี้แจงถึงนักเรียนเข้าประโยชน์ของการทำโจทย์ผิดพลาด และอธิบายว่าผู้วิจัยมีความเข้าใจว่าการศึกษาความรู้ย่อมมีเรื่องผิดพลาดได้อยู่เสมอ เพื่อให้นักเรียนรู้สึกผ่อนคลายและรู้ถึงความคาดหวังของผู้วิจัยมากยิ่งขึ้น

2) เมื่อมีความจำเป็นในการใช้ห้องที่จัดในแนวยาว ผู้วิจัยควรหมั่นเดินไปท้ายห้องอยู่บ่อยครั้งเพื่อดึงความสนใจของนักเรียน รวมทั้งสอบถามว่าอนุญาติให้นักเรียนโยกย้ายที่นั่งมาหน้าชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นการสาธิตบนจอโปรเจคเตอร์ชัดเจนขึ้น

3) ผู้วิจัยทำการพิจารณาถึงความมากน้อยของเนื้อหาและลักษณะของแผนผังกราฟิกที่ให้นักเรียน ซึ่งหากสมควรเปลี่ยนให้ใช้กระดาษที่ใหญ่ขึ้นแล้ว ผู้วิจัยจะให้นักเรียนเขียนแผงผังกราฟิกลงในกระดาษ A4 แทนกระดาษใบเล็กแทน

4.2.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์นั้น ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม โดยนั่งตามกลุ่มเดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และในชั่วโมงที่หนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยได้จัดเริ่มการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้เขียนสูตรโครงสร้างของ H_2 และ CO_2 แล้วปั้นดินน้ำมันแทนอะตอมธาตุและใช้ตะเกียบแทนการเกิดพันธะตามสูตรโครงสร้าง แล้วจึงให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของโมเลกุลที่ได้ จากนั้นครูจึงอธิบายทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์และความหมายของมุมพันธะ และให้นักเรียนอธิบายมุมพันธะของ H_2 และ CO_2 ต่อจากนั้น นักเรียนทำการศึกษาและอธิบายรูปร่างของโมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากรูปที่ครูเปิดให้ดู แล้วจึงมอบหมายให้ทุกกลุ่มสร้างแบบจำลองของสารที่ครูกำหนดให้อีก 5 สาร ได้แก่ BF_3, SiH_4, PH_3Cl_2, SF_6, $COCl_2$ โดยถ่ายรูปและอธิบายรูปร่างของสารที่ทำแบบจำลองขึ้นโดยใช้ชื่อรูปร่างของโมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ดังรูปที่ 4.46 แล้วบันทึกรูปดังกล่าวลงในอัลบั้มกลุ่มไลน์ของตนเอง เมื่อใกล้หมดคาบเรียน นักเรียนและครูจะช่วยกันเขียนแผนภาพการหารูปร่างโมเลกุลขึ้นมา โดยครูช่วยทำแผนภาพพีระมิดเพื่อแสดงขั้นตอนการหาจำนวนพันธะในโมเลกุล และนักเรียนจะช่วยเขียนแผนภาพต้นไม้ต่อจากแผนภาพพีระมิดเพื่อจำแนกรูปร่างโมเลกุลตามจำนวนพันธะ

ในชั่วโมงที่สองและสาม นักเรียนจะเริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยการทบทวนและระบุรูปร่างของสารบางชนิด จากนั้นจึงให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของโมเลกุลน้ำ แล้วอธิบายต่อถึงผลของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางที่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล โดยใช้สาธิตให้ลูกโป่งใบใหญ่แทนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ทำให้พันธะที่แสดงด้วยตะเกียบนั้นต้องบีบเข้าหากัน และทำให้รูปร่างโมเลกุลนั้นเปลี่ยนไป ต่อจากนั้น นักเรียนทำการศึกษารูปร่างของโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของสาร 17 ชนิด โดยให้นักเรียนช่วยกันเขียนสูตรโครงสร้างของสารที่กำหนดให้ถูกต้อง แล้วสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของสาร โดยทำการแทรกลูกโป่งแทนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวทีหลัง แล้วทำการบิดตะเกียบเพื่อปรับรูปร่างให้เหมาะสมด้วยตนเอง จากนั้นจึงเรียกครูเพื่อให้ครูตรวจสอบความถูกต้อง ของรูปร่างและอธิบายชื่อรูปร่างของโมเลกุลนั้น จากนั้นจึงถ่ายรูปพร้อมอธิบายรูปร่างของสารที่ทำแบบจำลองรูปร่างขึ้นมา แล้วบันทึกรูปดังกล่าวลงในอัลบั้มกลุ่มไลน์ของตนเอง ต่อมาครูและนักเรียนจะช่วยกันปรับแผนภาพพีระมิดอีกครั้งเพื่อให้ได้แผนภาพที่นำมาอธิบายรูปร่างโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้ ต่อจากนั้นครูจึงชี้แจงการกำหนดสูตร ABE ตามทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และอธิบายรูปร่างของสารบางชนิดต่อไป

รูปที่ 4.46 ภาพตัวอย่างแบบจำลองโมเลกุลที่นักเรียนสร้างขึ้น

หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในการระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนสามารถตอบคำถามของครูท้ายชั้นเรียนได้ แต่สังเกตได้ว่านักเรียนจะใช้เวลาอย่างน้อยละ 2-3 นาทีขึ้นไปในการสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากตะเกียบและดินน้ำมัน และยังต้องอาศัยคำแนะนำจากผู้วิจัยเพื่อเขียนสูตรโครงสร้างของสารอยู่บ่อยครั้ง นักเรียนจะใช้เวลานานมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว อย่างไรก็ตาม นักเรียนมี

พฤติกรรมที่แสดงความพอใจเมื่อได้ทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองขึ้นมา โดยแสดงความตื่นเต้นและมีการจับกลุ่มพูดคุยเกี่ยวเนื้อหาการสอนเมื่อสังเกตอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ และมีความกล้าในการพูดคุยกับผู้วิจัยเมื่อต้องปรับปรุงแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของตนเอง นอกจากนี้ มีบางคาบเรียนที่ผู้วิจัยไม่สามารถเข้าทำการสอนได้ตามปกติและไม่สามารถปรับแลกคาบกับครูท่านอื่นได้ ซึ่งจะขัดกับนโยบายของทางโรงเรียนที่ต้องครูอยู่ประจำในคาบเรียนทุกคาบ ผู้วิจัยจึงต้องให้ครูพี่เลี้ยงเข้าทบทวนความรู้ให้แก่นักเรียนแทน โดยไม่กระทบถึงเวลาในการทำวิจัยทั้งหมด ซึ่งครูพี่เลี้ยงได้ระบุว่า อาจมีนักเรียนบางคนที่ใช้แนวทางการระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ตามที่ครูพี่เลี้ยงได้เสนอ คือ หาผลรวมจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของทุกธาตุหารด้วย 8 และหารค่าเศษที่เหลือด้วย 2 เป็นจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้นี้ มีดังนี้

1) ในการสอนชั่วโมงแรก นักเรียนมักทำแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโดยจัดให้ตะเกียบให้อยู่ห่างกันเป็นลักษณะแบน (2 มิติ) มากกว่าจะจัดให้ตะเกียบอยู่ห่างกันในลักษณะ 3 มิติ

2) นักเรียนเขียนแผนภาพได้ค่อนข้างช้า เมื่อเทียบกับแผนก่อนหน้า ซึ่งนักเรียนได้อธิบายว่า มีการสอบเก็บคะแนนในวิชาอื่นก่อนเริ่มเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 1

3) ผู้วิจัยใช้เวลาในการแนะนำต่อกลุ่มนาน เนื่องจากต้องทบทวนว่าผลจากการผลักกันของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ผลจากกจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว และต้องแนะนำการจัดรูปร่างโมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่ให้หลายกลุ่ม

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป มีดังนี้

1) ผู้วิจัยคอยย้ำว่าโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นโมเลกุลที่เป็น 3 มิติ เพื่อสร้างความตระหนักให้กับนักเรียน

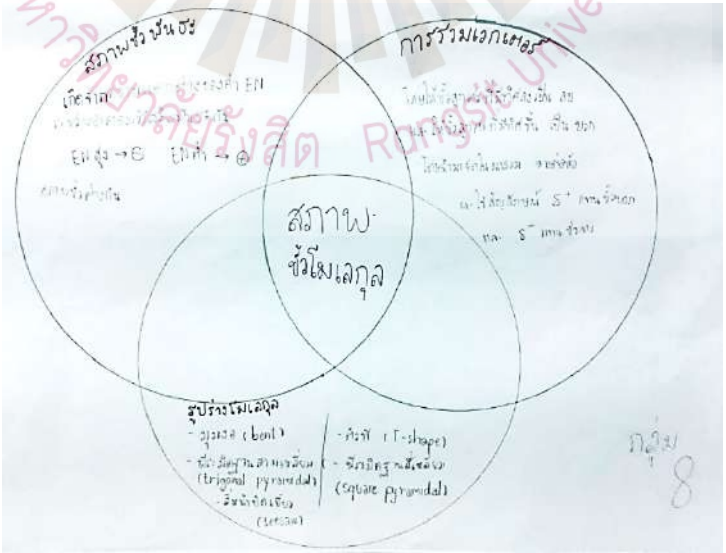
2) ผู้วิจัยช่วยแนะนำและคอยกระตุ้นนักเรียนในการเขียนแผนภาพ และอาจพิจารณาปรับหน้าที่เป็นผู้รวบรวมความคิดเห็นในการเขียนแผนภาพของนักเรียน แล้วจึงเขียนแผนภาพให้กับนักเรียนแทน

3) ผู้วิจัยให้กลุ่มนักเรียนที่ได้รับคำแนะนำไปแล้วหรือจัดสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปช่วยกลุ่มอื่นที่ยังจัดสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลไม่เสร็จ โดยอธิบายว่าเป็นกลุ่มผู้ช่วยของผู้วิจัย คอยให้คำแนะนำกับกลุ่มอื่นต่อไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.2.5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุล

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุลนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม โดยนั่งตามกลุ่มเดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยได้จัดเริ่มการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนอธิบายสภาพการกระจายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของแก๊สเฮไลด์ที่มีอะตอมธาตุชนิดเดียวกัน แล้วจึงอธิบายสภาพการกระจายของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของแก๊สเฮไลด์ที่มีอะตอมธาตุต่างชนิดกัน จากนั้นครูจึงสอบถามว่าสภาพขั้วพันธะเกิดจากสาเหตุใด เพื่ออภิปรายว่าอะตอมที่มีค่า EN สูงจะมีสภาพขั้วพันธะเป็นลบ จากนั้นจึงให้นักเรียนอธิบายสภาพขั้วพันธะของสารที่มีอะตอมของธาตุแค่สองอะตอมบางชนิด (ไดอะตอมิก, Diatomic) เมื่อนักเรียนอธิบายเสร็จสิ้น นักเรียนจะได้เปรียบเทียบสภาพขั้วพันธะและสภาพขั้วโมเลกุลของโมเลกุล BCl_3 โดยให้นักเรียนเขียนแสดงรูปร่างโมเลกุลออกมา แล้วครูจึงอธิบายว่าสภาพขั้วพันธะจะเป็นเวกเตอร์ตามแนวพันธะ ทำให้สภาพขั้วโมเลกุลเป็นผลรวมเวกเตอร์ของสภาพขั้วพันธะ โดยครูจะสาธิตการรวมเวกเตอร์พันธะให้นักเรียนดู จากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษาสภาพขั้วโมเลกุลของ CH_4, CH_3Cl และ NH_3 โดยมีครูคอยแนะนำและให้คำปรึกษาเพื่อตัดสินสภาพขั้วของสาร หลังจากนั้น ครูจึงให้นักเรียนวาดแผนภาพวงกลมเพื่อสรุปปัจจัยสำคัญที่ใช้พิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุล ดังรูปที่ 4.47 แล้วจึงให้นักเรียนศึกษาสภาพขั้วโมเลกุลของสารและไอออนบางชนิดจนหมดคาบเรียน



รูปที่ 4.47 ภาพตัวอย่างแผนภาพวงกลมเพื่อระบุปัจจัยสำคัญที่ใช้พิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุล

หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในเปรียบเทียบสภาพขั้วพันธะเป็นอย่างดี เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสภาพขั้วพันธะของสารตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว และสามารถแสดงความคิดเห็นเกี่ยวการระบุสภาพขั้วพันธะได้ แต่นักเรียนจะใช้เวลานานมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อต้องระบุสภาพขั้วของโมเลกุล ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทั้งการเขียนสูตรโครงสร้าง และการรวมเวกเตอร์ของสภาพขั้วพันธะตามรูปร่างของโมเลกุล นักเรียนจึงยังต้องสอบถามครูเกี่ยวกับการเขียนสูตรโครงสร้าง และการรวมเวกเตอร์อยู่บ่อยครั้ง นอกจากนี้ ผู้วิจัยสังเกตได้ว่า นักเรียนสามารถถ่ายทอดปัจจัยสำคัญที่ใช้พิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลลงในแผนภาพวงกลมได้รวดเร็วกว่าการสร้างแผนผังกราฟิกชนิดอื่นขึ้นมาในชั้นเรียนก่อนหน้า ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนเริ่มมีความคุ้นชินมากขึ้นกับการใช้แผนภาพในการอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับความรู้ของตนเอง

ปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้นี้ มีดังนี้

1) นักเรียนเกิดความสับสนระหว่างค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) กับค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (EA) และค่าพลังงานไอออไนเซชัน (IE)

2) นักเรียนมีการตอบสนองที่ช้ากับชื่อรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ผู้วิจัยต้องคอยเปิดรูปแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลที่นักเรียนเคยสร้างมาในแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้าให้นักเรียน

3) นักเรียนขาดความใส่ใจเกี่ยวกับความแตกต่างของสภาพขั้วพันธะ ทำให้เกิดการรวมเวกเตอร์ภาพขั้วพันธะที่ไม่ถูกต้อง

4) นักเรียนอธิบายว่าการใช้กระดาษ A4 เขียนแผนผังวงกลมนั้นมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้เกิดความรู้สึกเยิ่นเย้อ ไม่รัดกุม

5) นักเรียนเริ่มรู้สึกเบื่อที่จะต้องสร้างและปรับปรุงแผนผัง

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป มีดังนี้

1) ผู้วิจัยชี้แจงความแตกต่างระหว่างค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (EN) กับค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (EA) และค่าพลังงานไอออไนเซชัน (IE) และให้นักเรียนเลือกสมบัติมาใช้อธิบายอีกครั้งหนึ่ง

2) ผู้วิจัยเตรียมรูปแสดงรูปร่างโมเลกุลต่าง ๆ ก่อนเริ่มชั้นเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยจะเลี่ยงการใช้ศัพท์ทางเคมีที่เข้าใจได้ยาก และใช้คำอธิบายง่าย ๆ หรือคำพูดที่เข้าใจได้ง่ายแทน

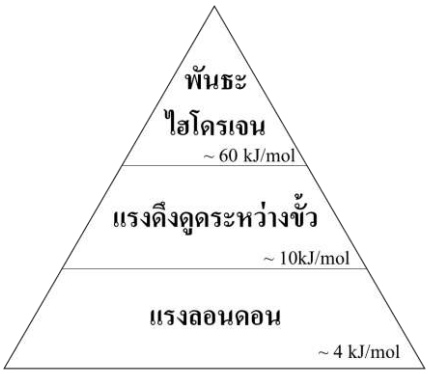
3) ผู้วิจัยย้ำถึงความแตกต่างของสภาพขั้วพันธะระหว่างการเดินให้คำแนะนำ

4) ผู้วิจัยเปลี่ยนขนาดกระดาษที่ใช้แสดงแผนผังกราฟิกเป็นขนาดครึ่งของกระดาษ A4

5) ผู้วิจัยปรับขั้นตอนการสร้างแผนผังให้กระชับมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เป็นการกระตุ้นนักเรียน และชี้แจงความสำคัญของการทำแผนผังให้นักเรียนเข้าใจ

4.2.6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม โดยนั่งตามกลุ่มเดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ นักเรียนจะทดลองหยดน้ำและเฮกเซนลงบนเหรียญ 25 สตางค์เพื่อนับจำนวนหยดที่เติมจนกว่าสารจะหกจากเหรียญ จากนั้นครูจึงถามนักเรียนว่าน้ำและเฮกเซนมีสมบัติใดที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยเมื่อนักเรียนได้เสนอถึงสภาพขั้วของโมเลกุลขึ้นมาและเสนอได้ว่าน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว และเฮกเซนเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ครูจึงเริ่มอธิบายต่อเกี่ยวกับการดึงดูดกันระหว่างโมเลกุล จากนั้นจึงวาดหยดน้ำที่มีโมเลกุลน้ำ และวาดลูกศรเพื่อแสดงแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้ำ ต่อมา ครูจึงสอบถามนักเรียนต่อไปว่าโมเลกุลเฮกเซนจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลด้วยกันเหมือนน้ำหรือไม่ และเมื่อนักเรียนสรุปได้ว่าโมเลกุลเฮกเซนมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเหมือนกัน แต่แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลนั้นไม่มากเท่าน้ำ ครูจึงเริ่มอธิบายเกี่ยวกับแรงลอนดอน แรงระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน และผลที่มีต่อจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสาร จากนั้นจึงให้นักเรียนสร้างแผนภาพพีระมิดเพื่อจัดอันดับความแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลร่วมกับครู ดังรูปที่ 4.48 และเปรียบเทียบให้เห็นว่าความแรงของแรงยึดเหนี่ยวชนิดนี้น้อยกว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นอย่างมาก ต่อมา ครูได้แสดงภาพโมเลกุลของเพชรและอธิบายลักษณะของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย จากนั้นจึงสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้จุดเดือดจุดหลอมเหลวของเพชรนั้นมีค่าสูง โดยครูอาจช่วยชี้ให้นักเรียนสังเกตว่าทุกอะตอมนั้นสร้างพันธะโคเวเลนต์เชื่อมต่อกัน ซึ่งนับเป็นแรงดึงดูดที่สูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก สารที่มีโครงสร้างโคเวเลนต์ร่างตาข่ายจึงมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวกว่าสารที่มีพันธะโคเวเลนต์เป็นอย่างมาก



รูปที่ 4.48 ภาพตัวอย่างแผนภาพพีระมิดเพื่อจัดอันดับความแรงของแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุล โดยปรับปรุงจากแผนภาพที่สร้างขึ้นในชั้นเรียน

หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแสดงความสนุกสนาน และมีเกิดการแข่งขันระหว่างกลุ่มขึ้นมาเมื่อให้หยดน้ำและเฮกเซนลงบนเหรียญ 25 สตางค์ แต่ความสนใจของนักเรียนจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อทำการอภิปรายถึงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ซึ่งเป็นเพราะนักเรียนมีอาการล้าจากการอ่านหนังสือเพื่อเตรียมตัวสำหรับการสอบปลายภาคเรียน นอกจากนี้นักเรียนจะเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงกระจายตัวของอิเล็กตรอนได้ดีมาก เมื่อผู้วิจัยใช้น้ำในขวดแก้วรูปชมพู่แทนกลุ่มอิเล็กตรอน แล้วเอียงขวดแก้วรูปชมพู่หรือหมุนขวดแก้วรูปชมพู่ให้น้ำเกิดการกระจายตัวในทิศทางต่าง ๆ ยิ่งไปกว่านั้น นักเรียนใช้เวลาประมาณ 3 นาทีในการอภิปรายและปรับปรุงแผนผังพีระมิด ซึ่งเป็นเวลาที่เร็วมากเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแผนผังพีระมิดในแผนก่อนหน้า โดยอาจเป็นเพราะเนื้อหาของเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายนั้นน้อยกว่าเนื้อหาก่อนหน้าเช่น รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายมากขึ้น เนื่องจากการทำแผนผังพีระมิดแสดงให้นักเรียนเห็นว่าพันธะเคมีนั้นแข็งแรงกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก แต่มีนักเรียนเพียง 4-5 คนที่สามารถแยกแยะภาพโครงสร้างสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายออกจากภาพโครงสร้างสารโคเวเลนต์ขนาดใหญ่ได้

ปัญหาที่ผู้วิจัยได้พบหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้นี้ มีดังนี้

1) นักเรียนชี้แจงกับผู้วิจัยว่า ผู้วิจัยพูดเร็วเกินไป ทำให้นักเรียนต้องคอยซักถามคำถามกับผู้วิจัยหลายครั้ง

2) นักเรียนสับสนระหว่างน้ำและเฮกเซน เนื่องจากสารทั้งสองนั้นใสและไม่มีสี

3) นักเรียนมักไม่ตอบว่าสารที่ศึกษาแรงดึงดูดระหว่างขั้วมีแรงลอนดอน

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป มีดังนี้

1) ผู้วิจัยปรับการพูดให้ช้าลง แต่จะปรับการอธิบายรายละเอียดให้กระชับมากขึ้น

2) ผู้วิจัยผสมให้น้ำมีสีฟ้า เพื่อที่นักเรียนจะแยกความแตกต่างของน้ำและเฮกเซนได้

3) ผู้วิจัยคอยย้ำว่าสารทุกชนิดมีแรงลอนดอนเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

จากการสะท้อนและการวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้เตรียมขึ้นนั้นมีทั้งข้อดีและข้อที่ต้องแก้ไข ซึ่งจะต้องนำมาปรับปรุงต่อไป นอกจากนี้แล้ว ผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.1 และข้อ 4.2 พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด โดยมีการแสดงออกแบบจำลองทางความคิดมากขึ้น ซึ่งมีทั้งแบบจำลองทางความคิดที่มีลักษณะสมบูรณ์ คือ เป็นแบบจำลองที่ถูกต้องและสอดคล้อง และแบบจำลองทางความคิดที่มีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ คือเป็นแบบจำลองที่ไม่ถูกต้องและสอดคล้องอย่างมดอย่างหนึ่ง หรือทั้งคู่ จึงสรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก นั้นสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1) สรุปผลการวิจัย

2) อภิปรายผลการวิจัย

3) ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผงผังกราฟิก ด้วยการใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดซึ่งมีทั้งหมด 12 ข้อ ประกอบข้อคำถามชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก 8 ข้อ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบและข้อคำถามแบบอัตนัยอีก 4 ข้อ

จากการวิจัยพบว่า ก่อนการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก พบว่า นักเรียนร้อยละ 8.87 ที่มีแบบจำลองที่สมบูรณ์ (CR&CH) ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่ามีนักเรียนที่มีแบบจำลองที่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นไปที่ร้อยละ 24.36 โดยส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์ในเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และ การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ อย่างไรก็ตาม หลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดชนิดถูกต้องแต่ไม่สอดคล้อง (CR&ICH) อยู่มากในเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และ สมบัติของสารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่าย และยังมีแบบจำลองทางความคิดชนิดไม่สอดคล้องและไม่ถูกต้อง (ICR&ICH) ในเรื่อง การเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ตาม

กฎออกเตต, ความยาวพันธะและพลังงานของปฏิกิริยา, รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ในทางกลับกัน นักเรียนสามารถแสดงออกแบบจำลองทางความคิดได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ซึ่งเพิ่มขึ้นไปถึงร้อยละ 53.53 จากการวิจัยจึงแสดงได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกสามารถพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนได้ โดยมีทั้งการพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์ (Completeness) และแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (Incompleteness) ชนิดถูกต้องแต่ไม่สอดคล้องและชนิดไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้อง นอกจากนี้ ยังพบว่าลักษณะของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดย่อยนั้นมีความแตกต่างกันไป แม้จะเป็นเนื้อหาเดียวกันก็ตาม การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดนั้นจึงขึ้นอยู่กับบุคคลและเนื้อหาของแบบจำลองทางความคิดนั้น ๆ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่มีการแสดงออกแบบจำลองทางความคิดมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานของ Meela and Yuenyong (2018) และ Moutinho et al. (2017 อ้างถึงใน ธีรตา ชาติวรรณ และคณะ, 2561) ซึ่งพบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เกิดจากที่นักเรียนได้เกิดการแสดงออกแบบจำลองทางความคิดในลักษณะที่หลากหลาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิกในงานวิจัยนี้ นักเรียนได้ถ่ายทอดแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาผ่านทางวัสดุการสร้างแบบจำลองในโลกจริง และการใช้แผนผังเพื่ออธิบายองค์ความรู้ของตนเองสอดคล้องกับการที่แผนการจัดการเรียนรู้ของงานวิจัยนี้ นักเรียนได้ใช้แผนผังกราฟิกเพื่อแสดงกระบวนขั้นตอนและปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องนั้นไม่ได้สูงขึ้นอย่างชัดเจน อันเป็นผลเนื่องจากมีเหตุที่มีผลกระทบต่อความรู้เดิมของนักเรียน ได้แก่ กิจกรรมกีฬาสี และการสอบในวิชาก่อนหน้า ซึ่งแสดงออกมาอย่างหลายครั้งเมื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเช่น การสับสนระหว่างสมบัติ EN, IE, และEA และความสับสนในการอธิบายเหตุผล ด้วยการนำความรู้ในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องมาอธิบาย เป็นต้น สอดคล้องกับ เดชาทรัพย์ และคณะ (2552 อ้างถึงใน เนตรดาว สร้อยแสง และคณะ, 2562) และสุมาลี ชูบุญ (2553) ที่ระบุว่าแผนผังกราฟิกนั้นมีการดึงนำเอาความรู้เดิมมาใช้งาน

ร่วมด้วย ดังนั้น นักเรียนที่ความรู้เดิมถูกกระทบไปจึงไม่สามารถสร้างแผนผังกราฟฟิกได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงทำให้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสมบูรณ์ไม่ได้เท่าที่ควร ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก ให้เกิดเป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องนั้น ผู้สอนจะต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงการสร้างความคงทนของความรู้เดิมให้แก่นักเรียน โดยอาจใช้วิธีการย้ำเตือนเช่น การที่ผู้วิจัยได้ย้ำถึงความแตกต่างระหว่างสภาพขั้วพันธะของพันธะที่แตกต่างกัน หรือศึกษาความรู้เดิมและทักษะอันจำเป็นต่อการศึกษาในเรื่องพันธะโคเวเลนต์ เช่น Ballesster et al. (2017) ได้เสนอแนะว่าการที่นักเรียนไม่มีความคล่องแคล่วในการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสนั้นส่งผลต่อการเขียนหรือจินตนาการรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ Wang (2007) ได้ชี้แจงว่าการพัฒนาทักษะมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) นั้นจำเป็นอย่างยิ่งต่อการต่อการที่นักเรียนจะสามารถรวมเวกเตอร์สภาพขั้วพันธะได้ด้วยตนเอง

นอกจากนี้แล้ว การวิจัยยังพบว่า แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีความหลากหลายสูง แม้จะเป็นแบบจำลองในกลุ่มของแบบจำลองที่ไม่สมบูรณ์ของเนื้อหาเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษาแบบจำลองทางความคิดของ Akaygun (2016) และ Korhasan & Wang (2016) ซึ่งศึกษาแบบจำลองทางความคิดในเรื่องโครงสร้างอะตอมและ Atomic Spectra ตามลำดับ โดยศึกษาพบความหลากหลายของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเช่นเดียวกัน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดนั้นเป็นแบบจำลองของความรู้และปรากฏการณ์ธรรมชาติภายในสมอง อันเกิดขึ้นจากประสบการณ์จินตนาการ ความต้องการในการเรียนรู้ และการรับรู้ส่วนบุคคล (Didis et al., 2014; Taber, 2013, as cited in Korhasan & Wang, 2016) ส่งผลให้การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาย่อย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก มีความแตกต่างกันและจำแนกได้หลายลักษณะแม้จะเป็นแบบจำลองทางความคิดในกลุ่มเดียวกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการศึกษาวิธีการสร้างความคงทนของความรู้เดิมและนำมาปรับใช้ ก่อนเริ่มจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังกราฟิก

5.3.2 ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของแบบจำลองทางความคิดได้ เพื่อทำให้การจัดการเรียนรู้ของทั้งห้องเรียนเป็นไปทิศทางเดียวกัน

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กุลธิดา มีสมบูรณ์. (2560). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟิกร่วมกับการใช้คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์*. สืบค้นจาก http://nakhonnayok.dusit.ac.th/wp-content/uploads/2015/11/การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟฟิคเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์แก้ไข-1.pdf

โกเมศ หน้าแจ้ง. (2554). *ผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารุในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/22025

ขุนทอง คล้ายทอง. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec_Ed/Khunthong_K.pdf

จีระวรรณ เกษสิงห์. (2562). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์: วิถีปฏิบัติสู่การพัฒนาตนเอง*. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์ จำกัด.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29*(3), 86-99. สืบค้นจาก https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxrdXNjaWVuY2 VkfGd4 OjFlZjdmZGMxY2M0NzB kNTA

ซากุราดะ, เจ (2560). *คิดเป็นภาพ เปลี่ยนเรื่องยากให้ง่ายใน 1 นาที* [SIMPLE NI NARA] (ทินภาส พาหะนิชย์, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: บิงโก.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน* (Master's thesis). สืบค้นจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.).

บรรณานุกรม (ต่อ)

ณัชกฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และสุดจิต สงวนเรือง. (2553). แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน *การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 11* (น.1176-1190). สืบค้นจาก https://gsbooks.gs.kku.ac.th/53/grc11/files/hmo8.pdf

ทิศนา แขมมณี. (2556). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพครั้งที่ 17). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรตา ชาติวรรณ, ธิติยา บงกชเพชร, และอนุสรณ์ วรสิงห์. (2561, มิถุนายน). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์.* การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 12 คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. สืบค้นจาก http://www.huso.buu.ac.th/conference/huso61/proceeding/209/6tee.pdf

นิภาภรณ์ จันทะโยธา, และสุวัตร นานันท์. (2558). การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34* (น. 1977-1985). สืบค้นจาก https://gsbooks.gs.kku.ac.th/58/the34th/pdf/HMP11.pdf

เนตรดาว สร้อยแสง, ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์, และเชษฐ์ ศิริสวัสดิ์. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวิชาชีวิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21*(2), 153-164. สืบค้นจาก https://www.tci-thaijo.org/index.php /edujournal_nu/article/view/84997/133199

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *การสร้างและพัฒนาและทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พิสณุ ฟองศรี .(2551). *วิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: บริษัทพอเพอร์ตี้ จำกัด.

โพธิศักด์ โพธิเสน, และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). ฉันควรพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร?: การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8*(1), 101-122. สืบค้นจาก http://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/8816/7614

บรรณานุกรม (ต่อ)

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2557). ความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 25*(1), 37-50. สืบค้นจาก http://edujournal .psu.ac.th/edujn/index.php/ edu_jn2015/article/view/64

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1*(1), 97-124. สืบค้นจาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/jliwu/article/download/9 5 0 5 0 /74234/

รัชฎา วิลาศรี. (2560). *ผลของการใช้กราฟิกออร์แกไนเซอร์ที่แตกต่างกันในการเรียนโปรแกรมประยุกต์ด้วยวิธีการสาธิตโดยใช้เทคนิคสตรีมมิ่งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการจำของนิสิตปริญญาบัณฑิต* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th /handle /123456789/32961

ละมัย โชคชัย, เอกรัตน์ ทานาค, และพรรณนภา ศักดิ์สูง. (2557). การพัฒนาแนวคิด เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52* (น. 26-33). สืบค้นจาก https://kukr.lib.ku.ac.th/db /index.php?/BKN/search_detail/result/13769

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรวัฒน์ ศีลบุตร, และบุญนาค สุขุมเมฆ. (2561). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ "GRADUATE SCHOOL MINI-CONFERENCE 2018"* (น. 942-953). สืบค้นจาก http://journalgrad.ssru.ac.th/index.php /miniconference/article/view/1461

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ Action Research. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี, 2*(1), 29-49. สืบค้นจาก http://e-journal.sru.ac.th/index.php/srj/article/view/241/195

บรรณานุกรม (ต่อ)

ศักดิ์ศรี สุภาษร, นุจรี สุภาษร, วรรณวไล อธิวาสน์พงศ์, และสนธิ พลชัยยา. (2559). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติเรื่องสารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7*(1), 28-47. สืบค้นจาก http://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/download/7475/6862

สิทธิศักดิ์ พสุมาตร์. (2558). *การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายเพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์* (Master's thesis). สืบค้นจาก โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย (ThaiLIS).

สุทธิดา วิกรัยบูรณ์. (2559*). การพัฒนาแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะไอออนิก โดยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD* (Master's thesis). สืบค้นจาก โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย (ThaiLIS).

สุมาลี ชูบุญ. (2560). *ผลการใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการอ่านจับใจความภาษาไทยของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/dspace/bitstream /123456789/60236/1/5983900727.pdf

สำนักเลขาธิการการศึกษาแห่งชาติ (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*. กรุงเทพฯ: บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล. (2559). *ผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/55143/1/5783454027.pdf

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/ dcms/files/56910197.pdf

บรรณานุกรม (ต่อ)

อับดุลเลาะ อูมาร์. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://kb.psu.ac.th/psukb /bitstream/2016/11790/1/TC1458.pdf

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน* (Master's thesis). สืบค้นจาก โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย (ThaiLIS).

Akaygun, S. (2016). Is The Oxygen Atom Static or Dynamic? The Effect of Generating Animations on Students' Mental Models of Atomic Structure. *Chem. Educ. Res. Pract., 17*, 788-807. doi:10.1039/c6rp00067c

Ayverdi, L., Nakiboglu, C., & Serap, A. (2014). Usage of Graphic Organizers in Science and Tecnology Lessons. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 116,* 4264-4269. Retrieved from https://www.sciencedirect.com /science/article/pii /S187704281400946X

Ballester, J., Pérez, M., Calatayud, M., García, R., Montesinos, J., & Gil, E. (2017). Student's Misconceptions on Chemical Bonding: A Comparative Study between High School and First Year University Students. *Asian Journal of Education and e-Learning, 5*(1), 1-15. Retrieved from https://ajouronline.com/index.php/AJEEL/article/view/4327

Bishop, A., Sawyer, M., Alber-Morgan, S., & Boggs, M. (2015). Effects of a Graphic Organizer Training Package on the Persuasive Writing of Middle School Students with Autism. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities, 50*(3), 290-302. Retrieved from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20259

Bruce, C. G. (2019). Critical chemical commodities. *Nature Chemistry, 11*, 99-101. doi:10.1038/ s41557-018-0205-6

Cheng, M. F., & Lin, J. L. (2015). Investigating The Relationship between Students' Views of Scientific Models and Their Development of Models. *International Journal of Science Education*, *37*(15), 2453-2475, doi:10.1080/09500693.2015.1082671

บรรณานุกรม (ต่อ)

Chittleborough, G. D., & Treagust, D. F. (2007) The Modelling Ability of Non-Major Chemistry Students and Their Understanding of The Sub-Microscopic Level. *Chemistry Education Research and Practice, 8*(3), 274-292. Retrieved from https://pubs.rsc.org/en/content /articlelanding/2007/rp/b6rp90035f

Dankenbring, C. A. (2014). *Eliciting and Characterizing Students' Mental Models within The Context of Engineering Design* (Master's Thesis). Retrieved from https://mospace.umsystem.edu/xmlui /bitstream/ handle/10355/4829/research.pdf?s

Deborah, K. R., Jemison, E., Sidler-Folsom, J., & Weber, A. (2019). Electronic Graphic Organizers for Learning Science Vocabulary and Concepts: The Effects of Online Synchronous Discussion. *The Journal of Experimental Education*, *87*(4), 552-574. doi:10.1080/00220973 .2018. 1496061

Gilbert, J.K. (2004). Models and Modelling: Routes to more Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*, 115-130. doi:10.1007 /s10763-004-3186-4

Gilbert, J.K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. doi:10.1007 /978-3-319-29039-3.

Goel, A. K., & Joyner, D. A. (2015). Improving Inquiry-Driven Modeling in Science Education through Interaction with Intelligent Tutoring Agents. In *Proceedings of the 20th International Conference on Intelligent User Interfaces* (pp. 5-16). Atlanta, GA.

Greatpacificmedia. (2009, October 22). Covalent Bonds | Cell Biology | Biochemistry [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=UR4eG60jjQQ&t=

Ferrance, E. (2000). *ACTION RESEARCH*. Retrieved from Providence: LAB, Brown University website: https://webpages.uncc.edu/~amedina1/Action%20Research/act_research.pdf

Fisher, R. J. (2004, April). *What is Action Research? An introduction to action research for community development* (Working Party Meeting on Action Research for Integrated Community Development). Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/e578 /f95e97833bf1f327195bbd4d44e20a5f1721.pdf

บรรณานุกรม (ต่อ)

Hasan, K. (2017). The Effect of Graphic Organizers on Language Teaching and Learning Areas: A Meta-Analysis Study. *TEDMEM Education and Science*, *42*, 139-164. doi:10.15390/ EB.2017.6777

Hine, G. S. C., & Lavery, S. D. (2014). Action research: Informing professional practice within schools. *Issues in Educational Research, 24*(2), 162-173. Retrieved from http://www.iier.org.au/iier24/hine.html

Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación Química, 20*(1), 32-40. doi:10.1016 /s0187-893x(18)30005-3

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer* (3rd ed.). Victoria: Deakin University.

Korhasan, D. N., & Wang, L. (2016). Students' Mental Models of Atomic Spectra. *Chem. Educ. Res. Pract., 17*, 743-755. doi:10.1039/c6rp00051g

Mcdaniel, C. S., & Flower, P. (2015). Use of a Behavioral Graphic Organizer to Reduce Disruptive Behavior. *Education and treatment of children*, *38*(4), 505-552.

Meela, P., & Yuenyong, C. (2019). The Study of grade 7 Mental Model about Properties of gas in science learning through model based inquiry. *AIP Conference Proceeding*, *2081*, 1-4.

Ozcan, O., & Bezen, S. (2016). Student's Mental Models about The Relationship between Force and Velocity Concepts. *Journal of Baltic Science Education, 15*(5), 630-641. Retrieved from http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol15/630-641.Ozcan_JBSE_Vol.15_No.5.pdf

Ozcan, O., & Gercek, C. (2015). Students' Mental Models of Light to Explain the Compton Effect. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *191*, 2195-2197. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.454

Park, E.J., & Light, G. (2009). Identifying Atomic Structure as a Threshold Concept: Student Mental Models and Troublesomeness. *International Journal of Science Education, 31*(2), 233–258. doi:10.1080/09500690701675880

บรรณานุกรม (ต่อ)

Patrick, L. T.H. (2007, May). *Action Research For Teachers: A Balanced Model*. Proceedings of the Redesigning Pedagogy: Culture, Knowledge and Understanding Conference. Retrieved from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.570.1170&rep=rep1&type=pdf

Royal Society of Chemistry. (n.d.). *Chemistry as a Strategically Important and Vulnerable Subject.* Retrieved from http://www.rsc.org/globalassets/0 4 - campaigningoutreach/policy /research-policy/higher-education/chemistry-strategically-important-vulnerable-subject.pdf

Seel, N.M. (2017). Model-based learning: A Synthesis of Theory and Research. *Educational Technology Research and Development, 65*(4), 931-966. doi:10.1007/s11423-016-9507-9

Sunyono & Yulianti, D. (2015). Introductory Study on Student's Mental Models in Understanding The Concept of Atomic Structure. *The Online Journal of New Horizons in Education, 5*(4), 41-50. Retrieved from https://www.tojned.net/journals/tojned/articles/v05i04/v05i04-05.pdf

Supriyatman, Suhandi, A., Rusdiana, D., Samsudin, A., & Wibowo, F.C. (2017). Problem-Solving Laboratory-Based Course Development to Improve Mental Model and Mental-Modeling Ability. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 174*, 4-7. Retrieved from https://download.atlantis-press.com/article/25893019.pdf

Tandog, V. O., & Bucayong, C. O. (2019). Graphic Organizer: A Learning Tool in Teaching Physical Science. *International Journal of Social Sciences, 5*(1), 379-393. Retrieved from https://grdspublishing.org/index.php/people/article/view/1875

Wang, C.Y. (2007). *The Role of Mental Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polarity* (Doctoral dissertation). Retrieved from https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/4829/research.pdf?s

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, *92*(5), 1-27. Retrieved from https://doi.org/10.1002/sce.20259

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1) ผศ.อรพรรณ ทองประสงค์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
2) อ.หฤทัย ฐานนันท์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
3) นางสาวทองใบ สุขประเสริฐชัย	ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย

1) อ.หฤทัย ฐานนันท์	อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
2) นางสาวทองใบ สุขประเสริฐชัย	ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชื่อ..... ชั้น .....

คำชี้แจง

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดฉบับนี้มีทั้งหมด 12 ข้อ จำนวน 12 หน้า รวมปก ประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบวัดชนิดเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล 8 ข้อ
   ตอนที่ 2 แบบวัดชนิดชนิดเขียนตอบ 4 ข้อ

คำสั่ง

1. ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยกากบาท (X) ทับตัวเลขและเขียนอธิบายหรือวาดรูปเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบลงในพื้นที่ที่กำหนด
2. ตอนที่ 2 จงตอบคำถามพร้อมเขียนอธิบายหรือวาดรูปเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบลงในพื้นที่ที่กำหนด
3. แบบวัดแบบจำลองทางความคิดนี้ใช้เวลาในการทดสอบ 2 ชั่วโมง
4. หากต้องการเปลี่ยนคำตอบและเหตุผล ให้ลบคำตอบและเหตุผลเดิมให้สะอาดก่อนเขียนบรรยายเหตุผลใหม่
5. หากพื้นที่ในการเขียนอธิบายไม่เพียงพอ ให้เรียกผู้คุมสอบเพื่อร้องขอกระดาษเปล่าเพิ่มได้

แบบวัดแบบจำลองทางความคิดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

IUPAC Periodic Table of the Elements

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 **H** hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 **He** helium 4.0026
3 **Li** lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 **Be** beryllium 9.0122											5 **B** boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 **C** carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 **N** nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 **O** oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 **F** fluorine 18.998	10 **Ne** neon 20.180
11 **Na** sodium 22.990	12 **Mg** magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 **Al** aluminium 26.982	14 **Si** silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 **P** phosphorus 30.974	16 **S** sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 **Cl** chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 **Ar** argon 39.948
19 **K** potassium 39.098	20 **Ca** calcium 40.078(4)	21 **Sc** scandium 44.956	22 **Ti** titanium 47.867	23 **V** vanadium 50.942	24 **Cr** chromium 51.996	25 **Mn** manganese 54.938	26 **Fe** iron 55.845(2)	27 **Co** cobalt 58.933	28 **Ni** nickel 58.693	29 **Cu** copper 63.546(3)	30 **Zn** zinc 65.38(2)	31 **Ga** gallium 69.723	32 **Ge** germanium 72.630(8)	33 **As** arsenic 74.922	34 **Se** selenium 78.971(8)	35 **Br** bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 **Kr** krypton 83.798(2)
37 **Rb** rubidium 85.468	38 **Sr** strontium 87.62	39 **Y** yttrium 88.906	40 **Zr** zirconium 91.224(2)	41 **Nb** niobium 92.906	42 **Mo** molybdenum 95.95	43 **Tc** technetium	44 **Ru** ruthenium 101.07(2)	45 **Rh** rhodium 102.91	46 **Pd** palladium 106.42	47 **Ag** silver 107.87	48 **Cd** cadmium 112.41	49 **In** indium 114.82	50 **Sn** tin 118.71	51 **Sb** antimony 121.76	52 **Te** tellurium 127.60(3)	53 **I** iodine 126.90	54 **Xe** xenon 131.29
55 **Cs** caesium 132.91	56 **Ba** barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 **Hf** hafnium 178.49(2)	73 **Ta** tantalum 180.95	74 **W** tungsten 183.84	75 **Re** rhenium 186.21	76 **Os** osmium 190.23(3)	77 **Ir** iridium 192.22	78 **Pt** platinum 195.08	79 **Au** gold 196.97	80 **Hg** mercury 200.59	81 **Tl** thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 **Pb** lead 207.2	83 **Bi** bismuth 208.98	84 **Po** polonium	85 **At** astatine	86 **Rn** radon
87 **Fr** francium	88 **Ra** radium	89-103 actinoids	104 **Rf** rutherfordium	105 **Db** dubnium	106 **Sg** seaborgium	107 **Bh** bohrium	108 **Hs** hassium	109 **Mt** meitnerium	110 **Ds** darmstadtium	111 **Rg** roentgenium	112 **Cn** copernicium	113 **Nh** nihonium	114 **Fl** flerovium	115 **Mc** moscovium	116 **Lv** livermorium	117 **Ts** tennessine	118 **Og** oganesson

Key: atomic number **Symbol** name — conventional atomic weight, standard atomic weight

57 **La** lanthanum 138.91	58 **Ce** cerium 140.12	59 **Pr** praseodymium 140.91	60 **Nd** neodymium 144.24	61 **Pm** promethium	62 **Sm** samarium 150.36(2)	63 **Eu** europium 151.96	64 **Gd** gadolinium 157.25(3)	65 **Tb** terbium 158.93	66 **Dy** dysprosium 162.50	67 **Ho** holmium 164.93	68 **Er** erbium 167.26	69 **Tm** thulium 168.93	70 **Yb** ytterbium 173.05	71 **Lu** lutetium 174.97
89 **Ac** actinium	90 **Th** thorium 232.04	91 **Pa** protactinium 231.04	92 **U** uranium 238.03	93 **Np** neptunium	94 **Pu** plutonium	95 **Am** americium	96 **Cm** curium	97 **Bk** berkelium	98 **Cf** californium	99 **Es** einsteinium	100 **Fm** fermium	101 **Md** mendelevium	102 **No** nobelium	103 **Lr** lawrencium

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.

Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Jagiellonian University

กำหนดตารางแสดงสัญลักษณ์ เลขอะตอมและค่าอิเล็กโตรเนกาติวีตีของธาตุ

ธาตุ	เลขอะตอม	ค่าอิเล็กโทรเนกาติวีตี
H	1	2.20
Li	3	0.98
B	5	2.04
C	6	2.55
N	7	3.04
O	8	3.44
F	9	4.00
Na	11	0.93
P	15	2.19
S	16	2.58
Cl	17	3.16
Se	34	2.55
Tl	81	1.80
At	85	2.20

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตอนที่ 1 แบบวัดชนิดเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยกากบาท (X) ทับตัวเลขและเขียนอธิบายหรือวาดรูปเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบลงในพื้นที่ที่กำหนด

1. ธาตุคู่ใดต่อไปนี้สามารถสร้างพันธะโคเวเลนต์และเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้

1.Li, P　　2.Tl, F

3.C, Se　　4.H, Na

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

2. สารประกอบ PH_3 มีชื่ออย่างไร

1.Phosphorus trihydrogen　　2.Phosphorus trihydride

3.Hydrogen triphosphate　　4. Hydrogen triphosphide

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3. สารประกอบใดต่อไปนี้มีทั้งพันธะที่ไปตามกฎออกเตต และพันธะที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

1. PH_3 2. OCl_2

3. SO_3 4. H_2CO_3

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

4. โมเลกุลหรือไอออนใดต่อไปนี้มีเรโซแนนซ์ที่มีพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์

1. NI_3 2. BF_4^-

3. N_3^- 4. NOCl

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5. สารในข้อใดที่มีค่าพลังงานพันธะระหว่างไนโตรเจนกับธาตุอื่นมีพลังงานสูงที่สุด

1. NF_3 2. NH_3

3. NBr_3 4. NI_3

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

.....

.....

.....

6. จงคำนวณพลังงานของปฏิกิริยา $CH_4 + NH_3 \longrightarrow HCN + H_2$ โดยกำหนดพลังงานพันธะดังนี้

พันธะ	พลังงานพันธะ (kJ/mol)
C-H	410
N-H	390
C-N	310
C=N	620
C≡N	890
H-H	430

1. .ดูดพลังงาน 640 kJ 2. คายพลังงาน 640 kJ

3. .ดูดพลังงาน 220 kJ 4. คายพลังงาน 220 kJ

จงอธิบาย หรือวาดรูป นำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก และจงแสดงการคำนวณอย่างละเอียดประกอบคำตอบที่เลือก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

.....

.....

.....

.....

7. โมเลกุลโคเวเลนต์ใดต่อไปนี้มีจุดเดือดสูงที่สุด

1.H_2 2.N_2

3.PH_3 4.NH_3

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

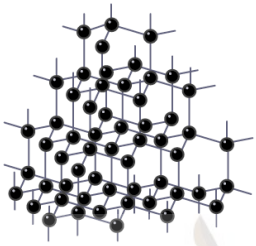
.....

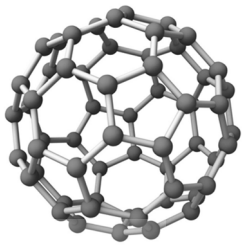
.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

8. คาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ร่วมกับคาร์บอนได้หลายรูป คาร์บอนบริสุทธิ์จึงมีโครงสร้างระดับอะตอมที่หลากหลายตามสภาวะที่เกิดปฏิกิริยา และทำให้มีสมบัติที่แตกต่างกัน จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสมบัติของคาร์บอนที่มีโครงสร้าง A และ B ดังนี้

A 

B 

1. สาร A มีจุดเดือดสูงกว่าสาร B
2. สาร A มีขั้วมากกว่าสาร B
3. อะตอมคาร์บอนในสาร A มีจำนวนพันธะน้อยกว่าสาร B
4. อะตอมคาร์บอนในสารสาร A มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมากกว่าสาร B

และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก

.....

.....

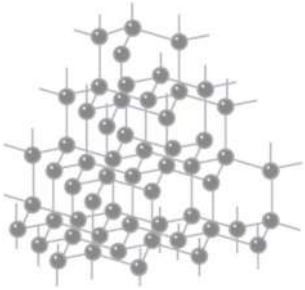
.....

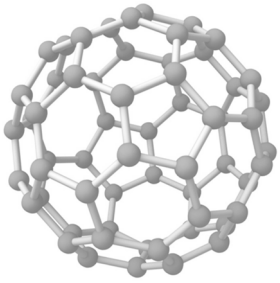
.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

หากต้องการนำเสนอเหตุผลโดยใช้รูปเดียวกันกับโจทย์ สามารถอธิบายหรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนลงในรูปทางด้านล่างนี้ได้





แบบวัดชนิดเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ

คำสั่ง จงตอบคำถามพร้อมเขียนอธิบายหรือวาดรูปเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบลงในพื้นที่ที่กำหนด

9. ClF_5 มีรูปร่างโมเลกุลอย่างไร และมีมุมพันธะเท่าใดตามทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์

ตอบ .....

จงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลเกี่ยวกับรูปร่างของโมเลกุลนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

10. IOF_3 มีรูปร่างโมเลกุลอย่างไร และมีมุมพันธะเท่าใดตามทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์

ตอบ .....

จงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลเกี่ยวกับรูปร่างของโมเลกุลนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

11. จงอธิบายสภาพขั้วพันธะระหว่าง Si และ Cl

ตอบ .....

จงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบเกี่ยวกับรูปร่างและขั้วของโมเลกุลนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

12. โมเลกุล CF_3H มีสภาพขั้วของโมเลกุลอย่างไร

ตอบ .....

จงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบเกี่ยวกับรูปร่างและขั้วของโมเลกุลนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** **ภาคเรียนที่ 1**

รหัสวิชา ว30221 **ชื่อรายวิชา** เคมี 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 **ชื่อหน่วยการเรียนรู้** พันธะเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และความยาวพันธะ **เวลา** 1 **ชั่วโมง**

สาระ/ผลการเรียนรู้

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ม.4/14 อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส

ม.4/5 วิเคราะห์ และเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้ง คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

เมื่อจบบทเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของพันธะโคเวเลนต์ได้
2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
3. ระบุประเภทของพันธะโคเวเลนต์ได้
4. อธิบายความหมายของความยาวพันธะได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ

เมื่อจบบทเรียนแล้ว นักเรียนได้มีการพัฒนา

1. วาดแผนภาพเพื่อใช้ศึกษาและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เมื่อจบบทเรียนแล้ว นักเรียนจะได้มีการพัฒนา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1. ใฝ่เรียนรู้

แนวความคิดหลัก/สาระสำคัญ

พันธะโคเวแลนต์เป็นการยึดดหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลจากการใช้เวเลนซ์อิลเกตรอนร่วมกันของธาตุ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอโลหะ โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกฎออกเตต สารที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวแลนต์เรียกว่า สารโคเวแลนต์ พันธะโคเวแลนต์เกิดได้ทั้งพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสาม ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยโครงสร้างลิวอิส

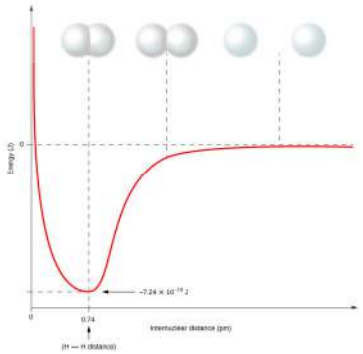
ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ขึ้นกับชนิดของอะตอมคู่ร่วมพันธะและชนิดของพันธะ โดยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม มีความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างกัน

ความรู้เดิมของนักเรียน

แรงผลักระหว่างประจุ การพิจารณาจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน สมบัติอิเล็กโตรเนกาติวิตีของธาตุ

สาระการเรียนรู้

พันธะโคเวเลนต์เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของอโลหะกับอโลหะ หรืออโลหะกับกึ่งโลหะ เนื่องจากมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีที่สูง โดยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่เพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต โดยมีสมดุลของแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับโปรตอน แรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอน และระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของอะตอม



ภาพแสดงพลังงานเทียบระยะห่างระหว่างอะตอม

ภาพจาก https://opentextbc.ca/chemistry/chapter/7-2-covalent-bonding/

การเกิดพันธะโคเวเลนต์

อะตอมเมื่อเคลื่อนเข้ามาใกล้กันจะมีแรงกระทำเกิดขึ้นใน 3 ลักษณะคือ 1)แรงผลักกันระหว่างประจุบวกในนิวเคลียสของอะตอมทั้งสอง 2) แรงผลักกันระหว่างประจุลบของอิเล็กตรอนของอะตอมทั้งสอง 3) แรงดึงดูดกันระหว่างนิวเคลียสของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วงคือ

ช่วงที่1 อะตอมอยู่ห่างกันจึงยังไม่มีแรงกระทำระหว่างกันระดับพลังงานศักย์ของทั้งสองอะตอมจึงยังสูงอยู่และไม่เสถียร

ช่วงที่2 เมื่ออะตอมเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันเรื่อยๆจะมีแรงดึงดูดและแรงผลักเกิดขึ้นซึ่งช่วงนี้แรงดึงดูดมากมากว่าแรงผลักจึงเหนี่ยวนำให้อะตอมทั้งสองเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากขึ้นเรื่อยๆระดับพลังงานของอะตอมก็จะลดลงเรื่อยๆเช่นกัน

ช่วงที่3 เมื่ออะตอมเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันในระยะที่เหมาะสมจะทำให้เกิดความสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักและเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ขึ้นที่ระยะนี้ เราจะเรียกว่าระยะห่างนี้ว่าความยาวพันธะ ซึ่งพลังงานที่ระยะนี้จะมีค่าต่ำสุดเนื่องจากเกิดเป็นโมเลกุลของสารที่มีความเสถียร

ช่วงที่4 หากอะตอมเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันเกินไปจะทำให้แรงผลักมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดทำให้โมเลกุลของสารที่เกิดขึ้นไม่เสถียรพลังงานจึงสูงขึ้นและไม่สามารถอยู่เป็นโมเลกุลต่อไปได้

พันธะโคเวเลนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) พันธะเดี่ยว (single bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ (2 อิเล็กตรอน) เช่น H_2, F_2, CH_4, C_2H_6

2) พันธะคู่ (double bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ (4 อิเล็กตรอน) เช่น O_2, CO_2, C_2H_4

3) พันธะสาม (triple bond) หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ (6 อิเล็กตรอน) เช่น N_2, C_2H_2, HCN

คำถามหลัก

- พันธะโคเวเลนต์คืออะไร
- พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นได้อย่างไร
- พันธะโคเวเลนต์มีกี่ประเภท
- ความยาวพันธะเกี่ยวข้องกับพันธะโคเวเลนต์อย่างไร

กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนนี้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นประเมินแบบจำลอง ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง และขั้นขยายผลแบบจำลอง

<u>ขั้นที่ 1 ขั้นตอนสร้างแบบจำลอง</u>

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็น 8 กลุ่ม
2. นักเรียนรับชมวิดีทัศน์ Covalent Bonds | Cell Biology | Biochemistry เพื่อศึกษาและเสนอความหมายของพันธะโคเวเลนต์ (แนวคำตอบ: พันธะที่เกิดจากการแบ่งอิเล็กตรอนจากต่ละอะตอม)

วิดีทัศน์ Covalent Bonds | Cell Biology | Biochemistry เข้าถึงได้จาก https://www.youtube.com/watch?v=UR4eG60jjQQ&t=9s

3. นักเรียนเสนอธาตุสมมุติ X ที่อยู่ในหมู่ 7 ขึ้นมา จากนั้นจึงเติมเวเลนซ์อิเล็กตรอนรอบธาตุ X ลงในกระดาษแผ่นเล็ก 2 แผ่น
4. ครูเปรียบเทียบการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยขยับกระดาษสองแผ่นที่เขียนว่าธาตุ X เข้าหากัน
5. กลุ่มนักเรียนเสนอความคิดเกี่ยวกับขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสร้างแผนภาพขั้นตอนลงในกระดาษแผ่นเล็ก ในขั้นตอนนี้ ครูจะเดินตามโต๊ะนักเรียนเพื่อเสนอแนวทางการเขียนสอบถามความคิดนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเขียนแผนภาพด้วยตนเอง
6. นักเรียนถ่ายรูปแผนภาพขั้นตอนลงในอัลบั้มของกลุ่มตนเอง

<u>ขั้นที่ 2 ประเมินแบบจำลอง</u>

7. นักเรียนและครูอภิปรายคำถามสี่ข้อ โดยพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้และเสนอผลที่จะเกิดขึ้น
    - ถ้าทั้งสองอะตอมไม่สามารถยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนไว้ได้ จะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้น (แนวคำตอบ: ไม่เกิดพันธะโคเวเลนต์ เพราะอะตอมจะแยกกลับเป็นอะตอมปกติ)

- ถ้าทั้งสองอะตอมอยู่ในระยะที่ห่างกันมาก ๆ (แนวคำตอบ: ไม่เกิดพันธะโคเวเลนต์ เพราะอะตอมไม่มีปฏิกิริยาต่อกัน)
- ถ้าอะตอมทั้งสองอยู่ในระยะที่ชิดกันมาก ๆ (แนวคำตอบ: ไม่เกิดพันธะโคเวเลนต์ เพราะอะตอมมีแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอน และแรงผลักระหว่างนิวเคลียสมากเกินไป)
- ถ้าอะตอมทั้งสองอะตอมไม่เสถียรหลังเกิดพันธะ (แนวคำตอบ: ไม่เกิดพันธะโคเวเลนต์ เพราะแต่ละอะตอมไม่เป็นไปตามกฎออกเตต หรือเพราะอะตอมไม่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเหมือนหมู่ 8)

ในคำถามเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างอะตอม ครูสามารถเลือกใช้กราฟพลังงานขอกการเกิดพันธะเพื่ออธิบายข้อมูลให้ชัดเจนได้มากยิ่งขึ้น

8. ครูระบุประเด็นคำตอบที่ได้อภิปรายคือ ความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ(EN) ระยะห่างระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ(ความยาวพันธะ) และความเสถียรของอะตอมคู่ร่วมพันธะ จากนั้นจึงสอบถามนักเรียนว่า ปัจจัยต้องมีเงื่อนไขอย่างไร จึงจะทำให้อะตอมคู่ร่วมพันธะเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ (แนวคำตอบ: อะตอมคู่ร่วมพันธะมีค่า EN สูงหรือเป็นอโลหะ มีระยะห่างที่เหมาะสม และมีจำนวนอิเล็กตรอนล้อมรอบครบกฎออกเตต)
9. นักเรียนตรวจสอบว่า O_2 และ N_2 เป็นโมเลกุลที่มีพันธะโคเวเลนต์หรือไม่ แตกต่างโมเลกุลธาตุ X ที่เสนอในขั้นตอนแรกอย่างไร (แนวคำตอบ: เกิดพันธะโคเวเลนต์ แต่จำนวนที่อิเล็กตรอนที่แต่ละธาตุใช้ร่วมกันนั้นแตกต่างกัน โดย X_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 ตัว O_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 4 ตัว และ N_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 6 ตัว เรียกว่าพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามตามลำดับ)
10. นักเรียนตอบคำถามว่าพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามมีความยาวพันธะเท่ากันหรือไม่ (แนวคำตอบ: ไม่ เพราะแรงดึงดูดระหว่างประจุไม่เท่ากัน) และพันธะใดน่าจะมีความยาวพันธะมากที่สูงสุด (แนวคำตอบ: พันธะเดี่ยว เพราะมีจำนวนอิเล็กตรอนใช้ร่วมกันน้อยที่สุด)

<u>ขั้นที่ 3 ปรับปรุงแบบจำลอง</u>

11. กลุ่มนักเรียนปรับแก้แผนภาพขั้นตอนของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยอาจเพิ่มองค์ประกอบเพิ่มเติมเพื่อแสดงให้เห็นถึงเงื่อนไขของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ในขั้นตอนนี้ ครูจะเดินตามโต๊ะนักเรียนเพื่อเสนอแนวทางการเขียน สอบถามความคิดนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเขียนแผนภาพด้วยตนเอง
12. กลุ่มนักเรียนถ่ายรูปแผนภาพลงในอัลบั้มของชั้นเรียน จากนั้นจึงเสนอว่าแผนภาพขั้นตอนของกลุ่มใดอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ดีที่สุด

13. นักเรียนบันทึกแผนภาพขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ลงในสมุด

ขั้นที่ 4 ขยายผลแบบจำลอง

14. นักเรียนนำแผนภาพดังกล่าวมาพิจารณาการเกิดพันธะโคเวเลนต์ตามสถานการณ์ต่อไปนี้

1) สุ่มคู่ธาตุและให้นักเรียนพิจารณาว่าเกิดธาตุทั้งสองเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้หรือไม่ เช่น Li และ H (ไม่เกิด) H และ C (เกิด เนื่องจากเป็นอโลหะทั้งคู่ และต้องใช้ไฮโดรเจน 4 ตัว เพื่อให้ครบออกเตต)

2) สุ่มคู่ธาตุ 2 คู่โดยมีธาตุหนึ่งเหมือนกัน พร้อมระบุชนิดพันธะ และให้นักเรียนพิจารณาว่า คู่ธาตุนั้นเกิดเป็นพันธะโคเวแลนต์ได้หรือไม่ และคู่ใดมีความยาวพันธะมากกว่า เช่น CH_4 และ CO_2 (เกิดพันธะโคเวเลนต์ทั้งคู่ และ พันธะC-H มีความยาวพันธะมากกว่า)

อย่างไรก็ตาม ครูผู้สอนสามารถเขียนสารโคเวเลนต์ได้ในรูปแบบจุดลิวอิสเท่านั้น ไม่ควรเขียนแสดงพันธะโคเวเลนต์แบบเส้น เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นแรงดึงดูดระหว่างประจุให้มากที่สุด

สื่อการเรียนรู้

1. กระดาษโน้ตขนาดเล็ก (6 cm x 8.3 cm)
2. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 1 (สสวท, 2561)
3. อินเทอร์เน็ต

การวัดประเมินผล

ประเด็นในการประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	ผู้ประเมิน	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
อธิบายความหมายของพันธะโคเวเลนต์ได้	- ตรวจสมุดนักเรียน - ตรวจแผนภาพของนักเรียน	- แผนภาพของนักเรียน - คำถามในขั้นตอนการขยายผลแบบจำลอง	ครู	ได้คะแนนตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้				ได้คะแนนตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป
ระบุประเภทของพันธะโคเวเลนต์ได้				ได้คะแนนตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประเด็นในการประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	ผู้ประเมิน	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
อธิบายความหมายของความยาวพันธะได้				ได้คะแนนตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป
วาดแผนภาพเพื่อใช้ศึกษาและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	- ตรวจแผนภาพของนักเรียน	แผนภาพของนักเรียน		ได้คะแนนตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป
ใฝ่เรียนรู้	พฤติกรรมการทำกิจกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์		ได้คะแนนตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป

กิจกรรมเสนอแนะ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บันทึกผลหลังการสอน

1. ผลการสอน

……

……

……

……

2. ปัญหา/อุปสรรค

……

……

……

……

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

……

……

……

……

ลงชื่อ……..ผู้สอน

(……..……..)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ข้อเสนอแนะของหัวหน้าสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

จากการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของ ..... แล้วมีความคิดเห็นดังนี้

1. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่
   - ☐ ดีมาก
   - ☐ ดี
   - ☐ พอใช้
   - ☐ ควรปรับปรุง
2. การจัดกิจกรรมได้นำเอากระบวนการเรียนรู้
   - ☐ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมาใช้ได้อย่างเหมาะสม
   - ☐ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมาใช้ แต่ยังไม่เหมาะสม ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป
   - ☐ ที่ยังไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
3. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่
   - ☐ นำไปใช้ได้
   - ☐ ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
4. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

ลงชื่อ.....
(นางสาวทองใบ สุขประเสริฐชัย)
ครูพี่เลี้ยง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ลงชื่อ.....
(นางวนิดา วัฒนธรรม)
หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ลงชื่อ.....
(นางพยุง เพชรงาม ฮันนี่)
รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เกณฑ์การประเมินผล

ประเด็นในการวัดและประเมินผล	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
อธิบายความหมายของพันธะโคเวเลนต์ได้	อธิบายความหมายของพันธะโคเวเลนต์ได้ถูกต้องครบถ้วน ยกตัวอย่างสารที่มีพันธะโคเวเลนต์ได้สมบูรณ์	อธิบายความหมายของพันธะโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	อธิบายความหมายของพันธะโคเวเลนต์ได้เพียงบางส่วน	อธิบายของพันธะโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง
อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	เขียนขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ชัดเจนอย่างยิ่ง ยกตัวอย่างหรือเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับนิวเคลียส และแรงผลักระหว่างประจุได้ชัดเจน	เขียนขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ถูกต้องอธิบายได้ชัดเจน	เขียนขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ถูกต้องแต่อธิบายได้คลุมเครือ ไม่ชัดเจน	เขียนขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง
ระบุประเภทของพันธะโคเวเลนต์ได้	ระบุได้ว่าพันธะโคเวเลนต์มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้ชัดเจน เขียนแสดงจำนวนอิเล็กตรอนตามชนิดพันธะได้	ระบุได้ว่าพันธะโคเวเลนต์มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามได้ชัดเจน และเขียนอธิบายเพิ่มเติมเล็กน้อย	ระบุได้ว่าพันธะโคเวเลนต์มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม	ระบุได้ว่าพันธะโคเวเลนต์มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประเด็นในการวัดและประเมินผล	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
อธิบายความหมายของความยาวพันธะได้	อธิบายความหมายของความยาวพันธะได้ถูกต้องครบถ้วน ยกตัวอย่างสารที่มีพันธะโคเวเลนต์ได้	อธิบายความหมายของความยาวพันธะได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	อธิบายความหมายของความยาวพันธะได้เพียงบางส่วน	อธิบายความหมายของความยาวพันธะไม่ถูกต้อง
วาดแผนภาพเพื่อใช้ศึกษาและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	นักเรียนวาดภาพครบถ้วนตามที่มอบหมาย โดยอธิบายขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ดีมาก และมีการพัฒนาแผนภาพเพื่อสะท้อนข้อมูลได้จนเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์	นักเรียนวาดภาพครบถ้วนตามที่มอบหมาย โดยแต่ละอธิบายขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ดี และมีการพัฒนาแผนภาพเพื่อสะท้อนข้อมูลได้สมบูรณ์มากขึ้น	นักเรียนวาดภาพครบถ้วนตามที่มอบหมาย โดยแต่ละแผนภาพอธิบายขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ มีพัฒนาการของแบบจำลองเล็กน้อย	นักเรียนวาดภาพไม่ครบถ้วนตามที่มอบหมาย แผนภาพไม่สามารถอธิบายขั้นตอนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ และไม่มีการพัฒนาแบบจำลอง
ใฝ่เรียนรู้	นักเรียนแสดงความกระตือรือร้นในการเรียนและในการทำกิจกรรมจนสังเกตเห็นได้ชัดเจน นักเรียนพยายามสอบถามอธิบาย และร่วมอภิปรายผลกิจกรรมในห้อง	นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน นักเรียนเข้าร่วมสอบถาม อธิบาย และอภิปรายผลกิจกรรมในห้องร่วมกับเพื่อนและครู และสำเร็จกิจกรรม	นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นในการเรียน นักเรียนเข้าร่วมสอบถามอธิบาย และอภิปรายผลกิจกรรมในห้องร่วมกับเพื่อนและ	นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นในการเรียน นักเรียนเข้าร่วมสอบถามอธิบาย และอภิปรายผลกิจกรรมในห้องร่วมกับเพื่อนและ

ประเด็นในการวัดและประเมินผล	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)
	ร่วมกับเพื่อนและครู จนสำเร็จกิจกรรม		ครู และสำเร็จกิจกรรม	ครูเล็กน้อย และไม่สำเร็จกิจกรรม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบประเมินกระบวนการวาดแผนภาพเพื่อใช้ศึกษาและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ระดับชั้น ม.4/……..วิชา เคมี 1 ผู้สอน นายชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และความยาวพันธะ วันที่…….เดือน……..……พ.ศ. ……

รายการประเมิน	**กลุ่มที่**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
วาดแผนภาพเพื่อใช้ศึกษาและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้								
คะแนนที่ได้								
สรุปผล ระดับคุณภาพ								

ลงชื่อ……ผู้ประเมิน

(……)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ระดับชั้น ม.4/……..วิชา เคมี 1 ผู้สอน นายชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และความยาวพันธะ วันที่…….เดือน…….……พ.ศ. ……...

รายการประเมิน	**กลุ่มที่**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ใฝ่เรียนรู้								
มีความอยากรู้อยากเห็นในการเรียน ตั้งใจและทำกิจกรรมจนสำเร็จ								
คะแนนที่ได้								
สรุปผล ระดับคุณภาพ								

ลงชื่อ……ผู้ประเมิน

(……)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ง

ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้อง

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคณะราษฎ์บำรุงปทุมธานี

คำชี้แจง โปรดพิจารณาแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ถึงความสอดคล้องด้านเนื้อหา และมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ที่ระบุ โดยทำเครื่องหมาย ✔ ลงในช่อง ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ มีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ในการวัด

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ในการวัด

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่ไม่สอดคล้อง กับเนื้อหาและจุดประสงค์ในการวัด

จุดประสงค์	ข้อสอบ	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ความคิดเห็นเพิ่มเติม
		+1	0	-1	
1. ระบุธาตุที่เกิดพันธะโคเวแลนต์ได้	**ข้อที่ 1** ธาตุคู่ใดต่อไปนี้สามารถสร้างพันธะโคเวแลนต์และเกิดเป็นสารประกอบโคเวแลนต์ได้ 1.Li, P 2.Tl, F **3.C, Se** 4.H, Na และจงอธิบาย หรือวาดรูปนำเสนอความคิดของนักเรียนเพื่อให้เหตุผลประกอบคำตอบที่เลือก **แนวคำตอบ ธาตุที่สร้างพันธะโคเวเลนต์เป็นธาตุที่เป็นอโลหะ**				

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ (R)			รวม	ค่า IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3			
1	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	+1	ใช้ได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าความยากง่าย (P) อำนาจการจำแนก (R) และดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายข้อของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ในส่วนข้อสอบชนิดปรนัย

ข้อที่	ความยากง่าย (P)	อำนาจการจำแนก (R)	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
1	0.71	0.29	1
2	0.71	0.29	1
3	0.29	0.29	1
4	0.29	0.29	1
5	0.57	0.29	1
6	0.43	0.29	1
7	0.50	0.36	1
8	0.43	0.29	1

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	ชัญภัสท์ บุญเจือจันทร์
วัน เดือน ปีเกิด	6 มกราคม 2538
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยมหิดล ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (หลักสูตรพิสิฐวิธาน) สาขาวิชาเคมี, 2560 มหาวิทยาลัยรังสิต ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, 2562
ทุนการศึกษา	ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)
ที่อยู่ปัจจุบัน	62 หมู่ 6 ตำบลทรายมูล อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ window.me@hotmail.com

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University