การสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้า และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

พัศยา สันสน

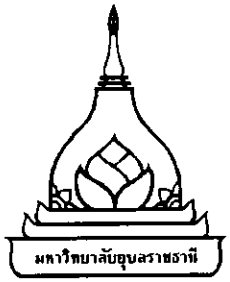
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

SURVEYING SCIENTIFIC CONCEPTS OF CONDUCTIVITY PROPERTIES AND MOLECULAR SHAPES OF COVALENT COMPOUND BY USING MODEL OBSERVE REFLECT EXPLAIN TECHNIQUE FOR GRADE 10 STUDENTS

PATSAYA SUNSON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้า และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย นางสาวพัศยา สันสน

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	กรรมการ
ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

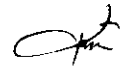
ปีการศึกษา 2558

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดเสมอมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร และ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณคณะครูและนักเรียนในโรงเรียนพัทลุงพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนการศึกษาในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ทุน สควค.) ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา และสนับสนุนงบประมาณการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาที่ดี จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี



พัศยา สันสน

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	:	การสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	:	พัศยา สันสน
ชื่อปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	:	วิทยาศาสตรศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา
คำสำคัญ	:	เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย, แบบจำลองเบื้องต้น แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว, มโนมติวิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนรายข้อและรายวัตถุประสงค์ ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายชั้นเรียน รายบุคคล และรายข้อ และสำรวจแบบจำลองเบื้องต้นก่อนเรียน และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 50 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ชนิดเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลจำนวน 15 ข้อ และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว คะแนนสอบจากข้อสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์แบบ 2 ส่วน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ มโนมติวิทยาศาสตร์ มโนมติคลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิด ข้อมูลถูกวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าสถิติทดสอบแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน และความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์รายข้อหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจากร้อยละ 20.43 เป็น 69.52 มโนมติวิทยาศาสตร์รายวัตถุประสงค์เพิ่มสูงขึ้นจากก่อนเรียนร้อยละ 1.44 เป็นร้อยละ 59.44 ในขณะที่มโนมติคลาดเคลื่อนและมโนมติที่ผิด รายวัตถุประสงค์ลดลงจากก่อนเรียนร้อยละ 45.50 และ 53.06 เป็นร้อยละ 33.25 และ 7.31 ตามลำดับ ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายชั้นเรียน รายบุคคล และรายข้อ อยู่ในระดับปานกลาง และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับดี

ABSTRACT

TITLE : SURVEYING SCIENTIFIC CONCEPTS OF CONDUCTIVITY PROPERTIES AND MOLECULAR SHAPES OF COVALENT COMPOUND BY USING MODEL OBSERVE REFLECT EXPLAIN TECHNIQUE FOR GRADE 10 STUDENTS

AUTHOR : PATSAYA SUNSON

DEGREE : MASTER DEGREE OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. KARNTARAT WUTTISELA, Ph.D.

KEYWORDS : MODEL OBSERVE REFLECT EXPLAIN TECHNIQUE, INITIAL MODEL, REFINED MODEL, SCIENTIFIC CONCEPTS

The aims of this research were to; compare students' pre- and post-scientific conceptions for single test item and objective, study learning gain for the whole class, individual student, and single test item, and survey initial models and refined models of conductivity properties and molecular shapes of covalent compound of students who have learnt through Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) technique. A one-group pre-test/post-test design was used as a research design. Samples were 10^{th} grade 50 students in the second semester, academic year 2014. Research instruments were MORE-based lesson plans and two-tier diagnostic tests containing 15 questions and scoring rubrics for the initial and refined models. Students'score from two-tier diagnostic tests were categorized as of scientific conception (SC), alternative conception (AC), and misconception (MC). Data were analyzed by using mean, percentage, dependent sample t-test, and normalized gain. The results showed that a MORE-based approach enhanced students' scientific conceptions for the single test item from 20.43 % in pre-test to 69.52 % in posttest. Students' SC improved from 1.44% in pre-test to 59.44% in posttest whereas their AC as well as MC were decreased from 45.50 and 53.06% in pre-test to 33.25 and 7.31% in posttest, respectively. Students' learning gain for the whole class, individual student, and single test item were in "medium level". Moreover, students' refined models were at a "good level".

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย	7
2.2 มโนมติ	10
2.3 แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 รูปแบบการวิจัย	21
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	21
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	22
3.4 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	36
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 เปรียบเทียบคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน	39
4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน	47
4.3 แบบประเมินพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลการวิจัย	69
5.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย	70
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ	77
ข เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวบรวมข้อมูล	80
ค กิจกรรมร่วมกับเทคนิค MORE	108
ง คุณภาพเครื่องมือ	119
จ ภาพกิจกรรม เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยเทคนิค MORE	121
ประวัติผู้วิจัย	126

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย	9
3.1	แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ตามวัตถุประสงค์และระดับทัศนของบลูม	29
3.2	คะแนนประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	30
3.3	คะแนนประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	31
3.4	คะแนนการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	33
3.5	สรุปมโมติของนักเรียน 3 กลุ่ม	35
4.1	คะแนนและร้อยละมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อ คะแนนเต็มทุกข้อ คือ 3 คะแนน	39
4.2	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน และผิดก่อนและหลังเรียน	42
4.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียน	47
4.4	ค่าเฉลี่ยและร้อยละคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 11 ของนักเรียนทั้งหมด	50
4.5	ค่าเฉลี่ยและร้อยละคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 13 ของนักเรียนทั้งหมด	53
4.6	ค่าร้อยละแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	55
4.7	พฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	57
4.8	ค่าร้อยละแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	61
4.9	พฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คะแนนเต็มทุกข้อคือ คะแนน 10	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.1	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	78
ก.2	ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์	78

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกลวิธี MORE	2
1.2	แบบจำลองของนักเรียนเรื่องน้ำตาลละลายในน้ำ (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	3
1.3	แบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้ในการอธิบายการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์	3
1.4	ตัวอย่างแบบจำลองโมเลกุล AX_4 สำหรับการสอน เรื่อง รูปร่างโมเลกุล (ก) โฟมและไม้จิ้มฟัน (ข) พอลิเมอร์และไม้ตะเกียบ	4
2.1	แบบจำลองมโนมติคลาดเคลื่อน BCl_3	11
2.2	สีของหลอดกับธาตุแต่ละชนิด	12
2.3	แบบจำลองโมเลกุลของ (ก) AX_3 (ข) AX_2E_1 (ค) AX_4E_1 และ (ง) AX_3E_2	13
2.4	แบบจำลองอะตอมโมเลกุลที่ทำจากโฟม (ก) แบบเอบี (ข) แบบเอบีอี	14
2.5	การต่อวงจรตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้	14
2.6	แบบจำลองในเบื้องต้นของนักเรียนเมื่อน้ำตาลละลายในน้ำ	16
2.7	วัดค่าการนำไฟฟ้าสารละลาย (ก) เกลือแกง (ข) น้ำตาลซูโครส	17
2.8	แบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของ H_3O^+ (ก) มโนมติวิทยาศาสตร์ (ข) มโนมติคลาดเคลื่อน	18
2.9	แบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของ Cl_2O (ก) มโนมติที่ผิด (ข) มโนมติวิทยาศาสตร์	18
2.10	ตัวเลือกคำตอบในระดับแรกที่แสดงตำแหน่งอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของ HF (ก) มโนมติวิทยาศาสตร์ (ข) มโนมติที่ผิด	19
3.1	แบบจำลองเบื้องต้นในระดับมหภาค	23
3.2	การต่อวงจรของแกรไฟต์	24
3.3	การต่อวงจรบน Proto board	24
3.4	การต่อชุดทดลองการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ (ก) ผ่านสารโคเวเลนต์ (ข) ไม่ผ่านสารโคเวเลนต์	25
3.5	โปรแกรม PhET INTERACTIVE SIMULATION ทดสอบน้ำตาลซูโครสละลายในน้ำ (ก) ทดสอบการนำไฟฟ้าในระดับมหภาค (ข) การละลายในระดับโมเลกุล (ค) โมเลกุลของน้ำล้อมรอบน้ำตาลซูโครส (ง) สภาพขั้วของโมเลกุลน้ำที่ล้อมรอบน้ำตาลซูโครส	26

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.6	ตัวอย่างกิจกรรมในใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ BeF_2	27
3.7	อุปกรณ์การต่อโครงสร้าง	27
3.8	โปรแกรม PhET INTERACTIVE SIMULATION แสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (ก) AX_3E (ข) AX_3	28
3.9	ตัวอย่างคำถามวัดมโนมติแบบ 2 ส่วน แบบทดสอบข้อที่ 10	35
4.1	แบบจำลองมโนมติวิทยาศาสตร์ (ก) แกรไฟต์ (ข) เพชร	41
4.2	มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (ก) แบบทดสอบข้อที่ 7 (ข) แบบทดสอบข้อที่ 8	43
4.3	ร้อยละคะแนนมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบข้อที่ 7 และ 8	44
4.4	มโนมติของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 14 (ก) มโนมติวิทยาศาสตร์ (ข) มโนมติคลาดเคลื่อน	45
4.5	ร้อยละคะแนนมโนมติหลังเรียนของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน	46
4.6	มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 14	46
4.7	ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์	47
4.8	ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์	48
4.9	การเลือกคำตอบส่วนที่ 1 ของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 11	49
4.10	แบบจำลองหลังเรียนของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 11	51
4.11	การเลือกคำตอบส่วนที่ 1 ของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 14	52
4.12	แบบจำลองการนำไฟฟ้าของกรดแอซิติก (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	56
4.13	ร้อยละพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	59
4.14	แบบจำลองของนักเรียนในการทดสอบการนำไฟฟ้ากรดแอซิติก (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	60
4.15	แบบจำลองในการทดสอบการนำไฟฟ้ากรดแอซิติกที่ถูกต้อง	60
4.16	แบบจำลองของ BF_3 (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.17	ร้อยละพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	65
4.18	แบบจำลองของ PH_3 (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	66
4.19	แบบจำลองของ TeF_6 (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	67
4.20	แบบจำลองของ H_2S (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	67
จ.1	กิจกรรมการทดลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	122
จ.2	กิจกรรมการทดลอง เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	123
จ.3	แบบจำลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	124
จ.4	แบบจำลอง เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	125

บทที่ 1
บทนำ

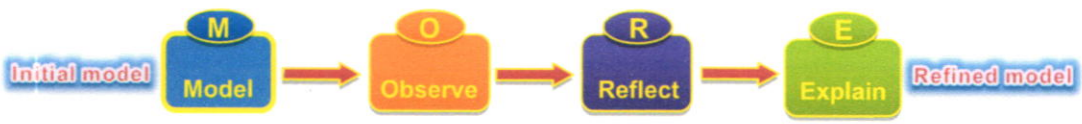
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเจริญก้าวหน้าทางด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การศึกษาในประเทศไทยจำเป็นต้องตอบสนองต่อความท้าทายที่ต้องเผชิญ เด็กไทยจึงควรมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (โชติมาพร ไชยสิทธิ, 2557) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกัน โดยมีความสามารถในการเป็นผู้นำในการทำงานและเกิดการยอมรับในทีมงาน มีกิจกรรมการทำงานที่สร้างความรับผิดชอบและก่อให้เกิดความสุขในการทำงานเพื่อให้บรรลุผลตามที่มุ่งหวัง และสร้างการมีส่วนร่วมในความรับผิดชอบในภารกิจงานพร้อมทั้งมองเห็นคุณค่าของการทำงานเป็นหมู่คณะ แนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) โดยเชื่อว่า การเรียนรู้ไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม หรือไม่ใช่การได้มาซึ่งความคิดใหม่ ๆ ของนักเรียน แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540)

วิชาเคมีเป็นวิชาที่มีเนื้อหาค่อนข้างยากต่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะเนื้อหาที่มองไม่เห็นด้วยตาซึ่งนักเรียนจะสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงแค่ระดับมหภาค แต่การสอนให้นักเรียนเข้าใจในระดับโมเลกุลนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก ส่งผลให้มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception) คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจจะแตกต่างไปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจจะเกิดมาจากประสบการณ์เดิม เกิดจากการศึกษาเล่าเรียน หรือเกิดหลังจากเรียน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลไปแล้ว ในเรื่องรูปร่างโมเลกุลนั้นเป็นเนื้อหาที่ต้องเข้าใจในรายละเอียดของโครงสร้าง รูปร่างที่ถูกต้องและชัดเจน (เปรมศักดิ์ สิมมาเคน, 2557; Naah and Sanger, 2012) จากสภาพการเรียนการสอนในห้องเรียนครูมักจะพบว่าขณะที่ครูสอนเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ มีนักเรียนหลายคนวาดรูปโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง และไม่เข้าใจขั้นตอนการวาดโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์เลย อีกทั้งกิจกรรมภายในโรงเรียนมีมากมายส่งผลให้เวลาที่เรียนในห้องเรียนน้อยลงทำให้ครูต้องสอนนักเรียนโดยการบรรยายแทนการลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่ตั้งใจเรียน เพื่อจะนำความรู้ไปทำนายสมบัติของโมเลกุลได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องรูปร่างโมเลกุล โดยนักเรียนมีความเข้าใจว่ารูปร่างโมเลกุลเกิดจากแรง

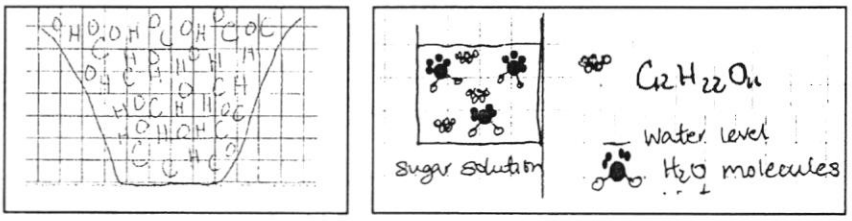
ผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเพียงอย่างเดียว รูปร่างโมเลกุลเกิดจากแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเพียงอย่างเดียว และขั้วของพันธะสามารถใช้ทำนายรูปร่างโมเลกุลได้

จากปัญหาข้างต้น นักการศึกษาได้ใช้กลวิธีแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนกลับ-อธิบาย (MORE) เพื่อพัฒนาโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยกลวิธี MORE ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกลวิธี MORE

นักเรียนสร้างแบบจำลองก่อนเรียน สังเกต สะท้อนกลับและอธิบาย โดยก่อนเข้าสู่ MORE ครูควรดูแบบจำลองเบื้องต้น (initial model; ภาพที่ 1.2ก) ของนักเรียนแต่ละกลุ่มก่อน หลังจากนั้นครูใช้กลวิธี MORE ในกิจกรรม พร้อมกับแนะนำและถามนักเรียนจนเกิดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว (refined model; ภาพที่ 1.2ข) ในขั้นสะท้อนกลับและอธิบาย (ภาพที่ 1.1) กิจกรรมที่สร้างจะต้องฝึกฝนให้นักเรียนเกิดความเข้าใจด้วยตนเองให้มากที่สุด นักเรียนแสดงออกซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการแสดงมโนมติของนักเรียนต่อเรื่องที่ได้จากการสำรวจ อีกทั้งยังเน้นให้นักเรียนแสดงความรู้ แนวความคิดของตัวเองที่เกิดขึ้นออกมาในรูปแบบของแบบจำลองของการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงในระดับนามธรรมให้เป็นรูปธรรมทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น (Mattox and Reisner, 2006) ยกตัวอย่างแบบจำลอง พบว่านักเรียนมีแบบจำลองเบื้องต้นว่าเมื่อนำน้ำตาลละลายในน้ำ ทั้งน้ำตาลและน้ำจะแตกพันธะออกจากกันกลายเป็นอะตอมเดี่ยวของไฮโดรเจน (H) คาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) กระจายออกไปทั้งหมด ดังภาพที่ 1.2ก และอะตอมเดี่ยวเหล่านั้นสามารถที่จะสร้างพันธะเกิดใหม่ได้อีกครั้ง แต่เมื่อนักเรียนผ่านกลวิธี MORE แล้วพบว่านักเรียนได้รับการพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นให้ถูกต้องกลายเป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วดังภาพที่ 1.2ข (Tien, L.T.; Rickey, D. and Stacy, A. M., 2007) นอกจากนี้ยังพบมโนมติที่ผิดว่าน้ำตาลเมื่อนำไปละลายในน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนได้ ทำให้นักเรียนคิดว่าน้ำเชื่อมสามารถนำไฟฟ้าได้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วน้ำเชื่อมไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เพราะไม่เกิดไอออนใดๆ เลยในสารละลายเพราะน้ำเชื่อมเป็นสารนอนอิเล็กโทรไลต์ (Tien, L.T.; Rickey, D. and Stacy, A. M., 2007; Mattox and Reisner, 2006)

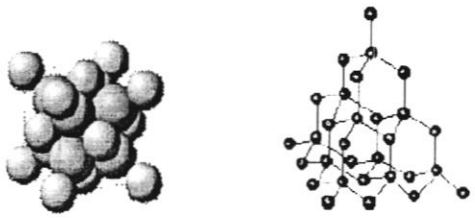


(ก) (ข)

ภาพที่ 1.2 แบบจำลองของนักเรียนเรื่องน้ำตาลละลายในน้ำ (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

ที่มา: Tien, Rickey and Stacy (2007)

ชุดทดลองการนำไฟฟ้าของสารเคมีสามารถหาได้ง่ายโดยใช้หลอด LED และถ่านไฟฉาย หากต่ออุปกรณ์ดังกล่าวกับสารเคมีที่ต้องการทดสอบจนครบวงจรแล้วหลอด LED เปล่งแสงแสดงว่าสารเคมีเหล่านั้นนำไฟฟ้าได้ (Mattox and Reisner, 2006) แกรไฟต์หรือไส้ดินสอเป็นสารโคเวเลนต์ที่มีสถานะเป็นของแข็งนำไฟฟ้าได้นักเรียนตอบในส่วนนี้ถูกต้องแต่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนส่วนใหญ่ที่เลือกภาพ 1.3ก โดยให้เหตุผลว่าการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์เกิดจากโครงสร้างที่มีอนุภาคอยู่ชิดกันซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ และบางส่วนเลือกภาพ 1.3ข โดยให้เหตุผลว่าโครงสร้างของแกรไฟต์มีอนุภาคยึดติดกันอย่างเหนียวแน่นแข็งแรงและเป็นระเบียบ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระ (Kuathan, Faikhamta, and Sanguanruang, 2011) นอกจากนี้ยังมีสารโคเวเลนต์ที่สามารถนำไฟฟ้าได้ เช่น กรดเกลือ (HCl) กรดมด (HCOOH) และกรดแอซิติก (CH_3COOH) เป็นต้น



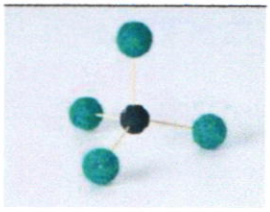
(ก) (ข)

ภาพที่ 1.3 แบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้ในการอธิบายการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์

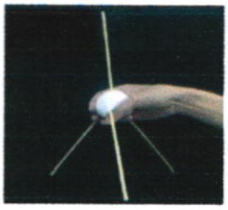
ที่มา: Kuathan, Faikhamta, and Sanguanruang (2011)

แบบจำลองโมเลกุลสามารถสร้างได้ง่ายจากวัสดุในชีวิตประจำวัน เช่น แบบจำลองโมเลกุลที่ประกอบด้วยพอลิสไตรีนโฟมใช้แทนธาตุสามัญ เข็มหมุด 2 อันแทนจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว และไม้จิ้มฟันแทนพันธะ ดังภาพที่ 1.4ก (กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2557) ชุดสาธิตบรรจุในกล่องพลาสติกใส

ใส ซึ่งภายในประกอบด้วย กาวลาเท็กซ์ในถ้วยพลาสติกขนาดเล็กบรรจุในขวดพลาสติก ไม้ไอศกรีมสำหรับคนสาร และไม้ตะเกียบสำหรับเป็นแขนพันธะ ดังภาพที่ 1.4ข (สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต, 2558) ซึ่งแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายนี้ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง กระตุ้นให้เกิดความสนใจ และการอภิปรายกันมากขึ้น จนสามารถจัดรูปร่างโมเลกุลต่าง ๆ ได้ถูกต้อง (กานตะรัตน์ วุฒิเสลา, 2557; สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต, 2558)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างแบบจำลองโมเลกุล AX_4 สำหรับการสอน เรื่อง รูปร่างโมเลกุล
(ก) โฟมและไม้จิ้มฟัน (ข) พอลิเมอร์และไม้ตะเกียบ
ที่มา: กานตะรัตน์ วุฒิเสลา (2557); สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต (2558)

จากความสำเร็จชุดทดลองและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สามารถลดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ ผู้วิจัยจึงทำวิจัยเพื่อสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การนำเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับอธิบาย มาสอนเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์ 6 ข้อ ดังนี้

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนรายวัตถุประสงค์

1.2.3 เพื่อศึกษาคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายชั้นเรียน

1.2.4 เพื่อศึกษาคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายบุคคล

1.2.5 เพื่อศึกษาคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายข้อ

1.2.6 เพื่อสำรวจแบบจำลองเบื้องต้นก่อนเรียนและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังเรียน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับความรู้เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ได้ผลดังต่อไปนี้

1.3.1 นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนรายข้อสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.2 นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมโนมติที่ผิดหลังเรียนลดลงจากก่อนเรียนทุกวัตถุประสงค์

1.3.3 นักเรียนที่ได้รับการพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

1.3.4 นักเรียนที่ได้รับการพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล อยู่ในระดับปานกลาง

1.3.5 นักเรียนที่ได้รับการพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้ออยู่ในระดับปานกลาง

1.3.6 นักเรียนได้รับการพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นก่อนเรียนให้เป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับดี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 29 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 21 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 50 คน ได้มาแบบเจาะจงจากประชากรเนื่องจากนักเรียนทั้งสองห้องมีผลการเรียนรายวิชาเคมีเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ

1.4.2 ตัวแปร

1.4.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

1.4.2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนมติวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

1.4.3 ระยะเวลาในการทดลอง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 10 ชั่วโมง

1.4.4 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาที่นำมาใช้ทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาในรายวิชาเคมี 1 รหัสวิชา ว 31221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2 เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ จำนวน 5 ชั่วโมง และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 5 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดทดลองการนำไฟฟ้าและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายสารโคเวเลนต์ ร่วมกับการใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย จะมีทักษะความรู้ ขั้นสูงและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากกิจกรรมเหล่านี้เน้นให้นักเรียนได้ ลงมือปฏิบัติจริง

1.5.2 ได้แนวทางเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

1.5.3 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี เนื่องจากได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิด ภูมิใจในผลงานของตนเอง เกิดแรงจูงใจที่อยากจะเรียนรู้ต่อไป

1.6. นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 มโนมติวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception) หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยเหตุผล ข้อเท็จจริง มีหลักการ เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

1.6.2 มโนมติที่ผิด (Misconception) หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยไม่อาศัยเหตุผล ข้อเท็จจริง หลักการ และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

1.6.3 แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย (Simple Molecular Model) หมายถึง แบบจำลองรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ที่ประกอบด้วยดินน้ำมันหลากหลายสีแทนอะตอมกลางและอะตอมล้อมรอบ หลอดดูดชนิดแข็งแทนพันธะระหว่างอะตอม ไม้โปรเจคเตอร์สำหรับวัดขนาดมุมระหว่างพันธะ และกรรไกรเพื่อตัดหลอดดูดที่แสดงพันธะที่มีความยาวแตกต่างกัน

1.6.4 ชุดทดลอง หมายถึง อุปกรณ์การทดลองการนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์ประกอบด้วยสายไฟชนิดแข็งจำนวน 5 เส้นเพื่อเชื่อมต่อระหว่างสารโคเวเลนต์ แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากถ่านไฟฉาย 3V กับแผงต่อวงจร (proto board) ที่มีไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 หลอด แอมป์มิเตอร์ เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์แต่ละชนิด และบีกเกอร์ขนาด 25 mL เพื่อใส่สารละลาย โคเวเลนต์

1.6.5 แบบจำลองเบื้องต้น (Initial Model) คือ แบบจำลองของนักเรียนรายกลุ่มก่อนดำเนินกิจกรรมการใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ สังเกต

1.6.6 แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว (Refined Model) คือ แบบจำลองของนักเรียนรายกลุ่มหลังดำเนินกิจกรรมการใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ สังเกต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้ทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้ เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย (Model Observe Reflect Explain: MORE) มโนมติ (conceptual) แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย (Simple Molecular Model) ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain) แบบรายชั้นเรียน (class normalized gain) รายบุคคล (single student normalized gain) และรายข้อ (single test item normalized gain) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

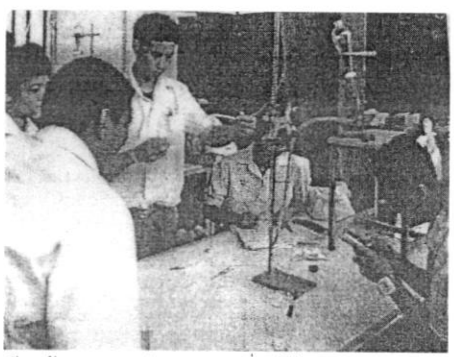
เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายได้รับการพัฒนาและนำมาใช้เป็นครั้งแรกที่มหาวิทยาลัยแห่งแคลิฟอร์เนียเบิร์กลีย์เพื่อเป็นแนวทางในการคิดให้กับนักศึกษาในห้องปฏิบัติการเคมีทั่วไป (Tien, Rickey and Stacy, 1999: 318-324) ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์นำเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย มาใช้กับนักเรียนจนทำให้นักเรียนเกิดแนวความคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการส่งเสริมให้นักเรียนมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยหลักฐานที่ได้จากการทดลอง เชื่อมโยงความรู้ในระดับมหภาคกับระดับโมเลกุลโดยการสร้างแบบจำลองขึ้นมาอธิบายพฤติกรรมของสาร เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น (Harrison and Treagust, 1996; Tien, Rickey and Stacy, 1999) โดยครูเป็นผู้แนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการคิดผ่านกระบวนสืบเสาะขั้นสูง ดังนั้นครูจะต้องลดการสอนแบบบรรยายลงแล้วเน้นการสอนแบบปฏิบัติจริงในห้องเรียนมากยิ่งขึ้น (Carillo, Lee and Rickey, 2005: 60)

รุ่งนภา จันทร์แรม (2554: 11-12) อภิปัญญาเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยให้แต่ละคนควบคุมและกำกับกระบวนการทางปัญญาของตนได้ การเรียนรู้ที่ดีสามารถเกิดผลต่อการประเมินแนวคิดที่เหมาะสม พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสอนที่เหมาะสมโดยผ่านกระบวนการหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นแบบจำลอง คือ การออกแบบจำลองมโนมติของนักเรียน โดยก่อนทดลองนักเรียนจะต้องคาดเดาและจินตนาการในระดับมหภาค โมเลกุล หรืออะตอมและไอออน โดยวาดแบบจำลองพร้อมอธิบาย ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะได้รับการกระตุ้นจากครูผู้สอนโดยการใช้คำถาม ขั้นสังเกต คือ นักเรียนลงมือสำรวจตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นใน

ขั้นแรกโดยการทดลองหรือกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การสังเกต ขั้นสะท้อนกลับ คือ การสะท้อนผลการทดลองที่ได้จากขั้นสังเกต นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้องมากขึ้นผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม ในขั้นนี้ครูผู้สอนอาจกระตุ้นนักเรียนโดยใช้คำถามสะท้อนความรู้ที่ได้มากยิ่งขึ้น ขั้นอธิบาย คือ อธิบายแบบจำลองที่ผ่านการสังเกตและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม นักเรียนจะต้องอธิบายแบบจำลองใหม่ที่สร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์อย่างไร

ตารางที่ 2.1 การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

<table>
<tr><th>วิธี MORE</th><th>กิจกรรม MORE</th><th>ภาพประกอบและคำอธิบาย</th></tr>
<tr><td>Model</td><td>สร้าง Model เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างผงฟูกับน้ำส้มสายชู</td><td>Initial model

นักเรียนสร้าง model จากความรู้เดิม ไม่มีการระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือสารใด นักเรียนอธิบายแค่สารทั้งทำปฏิกิริยากันและเกิดแก๊สขึ้น โดยวัดการเกิดปฏิกิริยาได้จากแก๊สที่เกิดขึ้น model ที่นักเรียนสร้างเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค</td></tr>
<tr><td>Observe</td><td>ทำกิจกรรมการทดลองระหว่างผงฟูกับน้ำส้มสายชู</td><td rowspan="2">
การต่อชุดอุปกรณ์การทดลองปฏิกิริยา
 
นักเรียนเกิดการเรียนรู้และทราบว่า model ที่คิดไว้ก่อนทำการทดลองมีความถูกต้องหรือต้องแก้ไข นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ร่วมกัน</td></tr>
<tr><td>Reflect</td><td>สะท้อนข้อมูลที่ได้เพื่อแก้ไขและปรับปรุง model และสร้าง model ใหม่จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง</td></tr>
<tr><td>Explain</td><td>อธิบาย model ที่สร้างขึ้นใหม่ให้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์</td><td>Refined model

นักเรียนอธิบายโดยใช้สร้างแบบจำลองสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ขึ้นมาเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค พร้อมกับบอกวิธีการวัดหาอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา แต่นักเรียนอธิบายไม่ได้ว่า CO_2 เกิดขึ้นมาได้อย่างไร</td></tr>
</table>

2.2 มโนมติ

2.2.1 ความหมายของมโนมติ

มโนมติ (Concepts) เป็นความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวบุคคลที่เกิดจากการสังเกต รับรู้ และการได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้นประมวลผลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป คุณสมบัติหรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้นจนสร้างความเข้าใจของตนเอง (สมเจตต์ อุระศิลป์, 2553: 8; เปรมศักดิ์ สิมมาเคน, 2557: 8; รัตนา พันสนิท, 2555: 10) หรือกลุ่มความจริงซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญร่วมกันของปัจจัยต่าง ๆ จากกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงจำนวนมากกว่า แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ มโมติเชิงจำนวน เช่น แมลงเป็นสัตว์ที่ขา 6 ขา มโนมติเชิงสัมพันธ์ เช่น แรงหมายถึงแรงฉุดที่มีผลทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไป และมโนมติเชิงทฤษฎี เช่น อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีอนุภาคนิวตรอน โปรตรอน และอิเล็กตรอน (Romey, 1968)

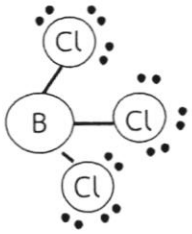
2.2.2 มโนมติวิทยาศาสตร์

มโนมติวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) เป็นความคิด ความเข้าใจที่เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์นั้น ๆ เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งทั้งระดับรูปธรรมและนามธรรมแล้วนำมาประมวลสัมพันธ์อย่างมีเหตุผล ซึ่งอาศัยข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ (สมเจตต์ อุระศิลป์, 2553: 8; เปรมศักดิ์ สิมมาเคน, 2557: 8) มาเป็นข้อสรุปแล้วสามารถนำมาอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ หรือความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน (ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์, 2550)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

2.2.3 มโนมติคลาดเคลื่อน

มโนมติคลาดเคลื่อน (Alternative Conception) เป็นความรู้หรือความเข้าใจที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง โดยอาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อน ซึ่งอาจจะแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์โดยสิ้นเชิง แตกต่างเพียงบางส่วนหรือสอดคล้องกับความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (รุ่งนภา จันทร์แรม, 2554: 17 ; เปรมศักดิ์ สิมมาเคน, 2557: 9) การเกิดมโนมติคลาดเคลื่อนนั้นต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการแก้ไข โดยทั่วไปมโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียนที่นักวิจัยศึกษาเป็นมโนมติที่แตกต่างจากมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในขณะนั้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นมาตั้งแต่ก่อนเข้าโรงเรียน ขณะที่ศึกษาเล่าเรียนหรือเกิดหลังจากจบการศึกษาเล่าเรียนไปแล้ว ดังตัวอย่างภาพที่ 2.1 (รุ่งนภา จันทร์แรม, 2554: 17)



ภาพที่ 2.1 แบบจำลองมโนมติคลาดเคลื่อน BCl_3
ที่มา: รุ่งนภา จันทร์แรม (2554)

2.2.4 มโนมติที่ผิด

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนมติที่ผิด (Misconcept) ดังนี้ ความรู้ของตนเองที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี หรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับ (Lawson and Thomson; 1998) ข้อสันนิษฐานเชิงสติปัญญาที่ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้องที่นักเรียนมีอยู่ (Sander, 1993) ซึ่งถ้าเกิดกับนักเรียนแล้วจะฝังแน่นยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้อง (Lawson and Thomson, 1998; Sander, 1993) หรือหลักการที่ผิดพลาดไปจากนักวิทยาศาสตร์และคนทั่วไปยอมรับ ซึ่งเมื่อเกิดแล้วจะคงอยู่ต่อไปอีกนานและขัดขวางการเรียนรู้ที่ถูกต้องของนักเรียน (สมเจตต์ อุระศิลป์, 2553: 10; เปรมศักดิ์ สิมมาเคน, 2557: 10)

2.3 แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย

แบบจำลองสร้างขึ้นเพื่ออธิบายพฤติกรรมของลักษณะบางประการของสิ่งที่เป็นจริงอย่างหนึ่ง หรือ เป็นเครื่องมือทางความคิดที่บุคคลใช้ในการหาความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ (ทิศนา แขมมณี, 2551: 1)

แบบจำลองโมเลกุล เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาเคมี เพื่อเป็นการกระตุ้นและเสริมความเข้าใจในเรื่อง พันธะเคมี ไม่ว่าจะเป็นพันธะเดี่ยว (single bond) พันธะคู่ (double bond) พันธะสาม (triple bond) ในสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) และรูปร่างของโมเลกุลในบางครั้งการอ่านหรือแค่ดูภาพอย่างเดียวอาจจะเกิดความสับสนแต่ถ้าใช้แบบจำลองโมเลกุล นี้เข้ามาช่วยประกอบการอธิบายจะทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น (ชาญณรงค์ พูลเพิ่ม, 2555) อีกทั้งปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับแผนการพัฒนาการเรียนการสอนของประเทศที่มีเป้าหมายที่สำคัญ คือการส่งเสริมการผลิตสื่อ และการพัฒนาสื่ออุปกรณ์การเรียนการสอนขึ้นเอง เพื่อนามาใช้ประกอบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงของจริง (จรรยา ไกรสร, จินตนา จิตจำนง และประสงค์ สีหานาม, 2557)

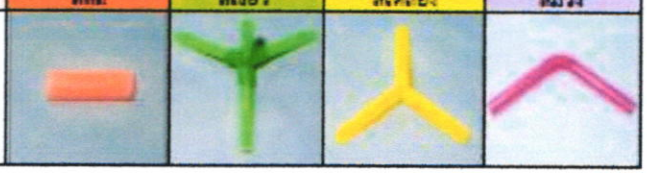
แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย (Simple Molecular Model) เป็นสื่อการสอนที่สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่เป็นนามธรรมให้ชัดเจนมากขึ้น (สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต, 2558)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนรายวิชาเคมี เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจและเชื่อมโยงแนวคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมผ่านแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเองจากวัสดุที่หาได้ง่าย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยแบบจำลองโมเลกุล

ชาญณรงค์ พูลเพิ่ม (2555) ได้ทำแบบจำลองโมเลกุลจากหลอดซึ่งแบบจำลองโมเลกุลทางเคมีดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาเคมี เพื่อเป็นการเสริมความเข้าใจในเรื่อง รูปร่างของโมเลกุล ในบางครั้งการอ่านหรือแค่ดูภาพอย่างเดียวอาจจะเกิดความสับสน แต่ถ้าใช้แบบจำลองโมเลกุลเข้ามาช่วยประกอบการอธิบาย จะทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพียงแค่ใช้อุปกรณ์แค่กรรไกร และหลอดพลาสติกทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ หลอดเล็กทำเป็นความยาวพันธะและหลอดใหญ่ทำเป็นข้อต่อ หลอดพลาสติกหลากหลายสีเพราะสีของหลอดจะแทนชนิดของธาตุ เช่น หลอดสีส้มแทนอะตอมของไฮโดรเจน (H) สีเขียวแทนอะตอมของคาร์บอน (C) สีเหลืองแทนอะตอมของไนโตรเจน (N) และสีม่วงแทนอะตอมของออกซิเจน (O) ดังตัวอย่างภาพที่ 2.2 ในระหว่างทำกิจกรรมครูควรให้ข้อมูล ความยาวพันธะรวมทั้งตารางเปรียบเทียบรัศมีของธาตุ เพื่อนำมาเปรียบเทียบให้ใกล้เคียงกับรูปร่างโมเลกุลจริงมากที่สุด

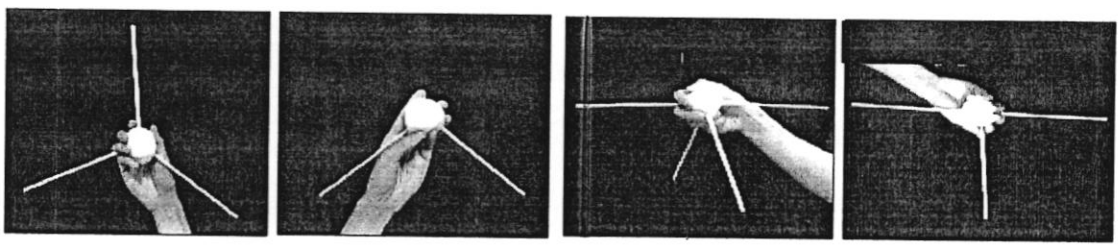
ธาตุ	H	C	N	O
จำนวนของพันธะ	1	4	3	2
สีของหลอด	สีส้ม	สีเขียว	สีเหลือง	สีม่วง
รูป				

ภาพที่ 2.2 สีของหลอดกับธาตุแต่ละชนิด

ที่มา: ชาญณรงค์ พูลเพิ่ม (2555)

สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต (2558) ได้สร้างแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายสำหรับการสอน เรื่อง รูปร่างโมเลกุล โดยใช้สารพอลิเมอร์ที่ยืดหยุ่นได้จากการผสมระหว่างกาวลาเท็กซ์ และสารละลายบอแร็กซ์ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็นอะตอมกลาง และไม้ตะเกียบเป็น

แขนพันธะ ดังตัวอย่างภาพที่ 2.3 เพื่อสาธิตการสอนเคมีเรื่องรูปร่างโมเลกุลกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองทำให้นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ระดับมาก อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพจากแบบฝึกหัดและคะแนนหลังเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ซึ่งอาจเนื่องจากนักเรียนต้องการองค์ความรู้ร่วมเรื่องอื่น เช่น สูตรลิวอิส ฯลฯ ที่ยังไม่ได้เรียน ผลโดยรวมของการใช้แบบจำลองสามารถเพิ่มผลการเรียนรู้และกระตุ้นความสนใจอยากเรียนรู้ในบทเรียนที่นามธรรมได้ดี

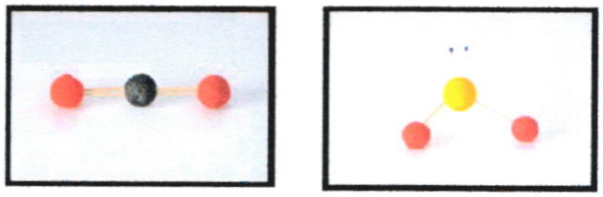


(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 2.3 แบบจำลองโมเลกุลของ (ก) AX_3 (ข) AX_2E_1 (ค) AX_4E_1 (ง) AX_3E_2

ที่มา: สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต (2558)

กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2557) ได้ศึกษาแบบจำลองอะตอมโมเลกุลทางเลือกสำหรับการสอน เรื่องทฤษฎีแรงผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ พบว่าแบบจำลองอะตอมโมเลกุลที่ทำจากโฟม เป็นเครื่องมือทางเลือกสำหรับการสอนเรื่องทฤษฎีแรงผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ ซึ่งให้นักเรียนสร้างโมเลกุลที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (ระบบเอบีอี) ดังภาพที่ 2.4ข และอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (ระบบเอบี) ดังภาพที่ 2.4ก แบบจำลองประกอบด้วยพอลิสไตรีนโฟมใช้แทนธาตุสามัญ เข็มหมุด 2 อันแทนจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว และไม้จิ้มฟันแทนพันธะ อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ราคาถูกและหาง่าย แต่ในขณะเดียวกันช่วยกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายกันในเรื่องรูปร่างโมเลกุล มุมพันธะ จำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวล้อมรอบอะตอมกลาง ขนาดของอะตอม และสีของอะตอม ไม่เหมือนผลิตภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาด แต่ละธาตุไม่มีรูเพื่อเชื่อมต่อ



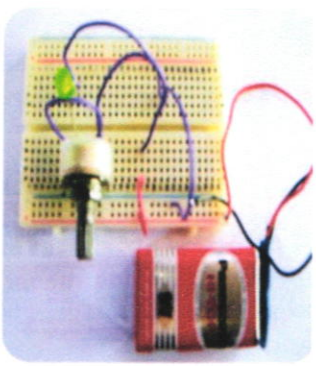
(ก) (ข)

ภาพที่ 2.4 แบบจำลองอะตอมโมเลกุลที่ทำจากโฟม (ก) แบบเอบี (ข) แบบเอบีอี
ที่มา: กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2557)

จากนวัตกรรมข้างต้นเป็นนวัตกรรมที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ โดยมีครูเป็นผู้คอยแนะนำและช่วยเหลือให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพจนนักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์ ในเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายทำให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างดี จนเกิดเป็นนวัตกรรมชื่อ “แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย”

2.4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับกลวิธี MORE และชุดทดลอง

กนิษฐา ธรรมขันธ์ (2550: 37) ได้ออกแบบการทดลอง เรื่องการต่อวงจรตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ในเอกสารประกอบการเรียน Robot Learning By Doing รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยในการทดลองได้ใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้ บอร์ดทดลอง ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ ถ่านไฟฉาย 9 V ไดโอดเปล่งแสง และสายไฟเชื่อมต่อ โดยนักเรียนจะต้องต่อวงจร ดังภาพที่ 2.5 ส่งผลให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีประสิทธิภาพ 88.14/86.62



ภาพที่ 2.5 การต่อวงจรตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้
ที่มา: กนิษฐา ธรรมขันธ์ (2550)

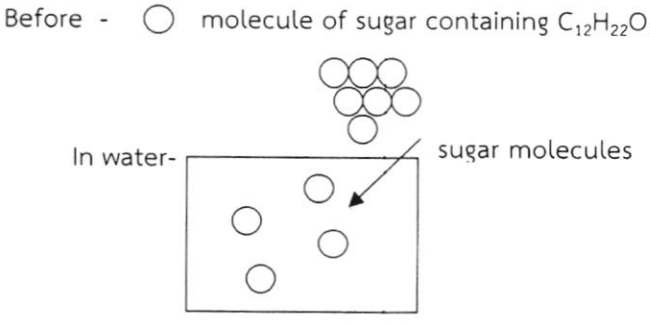
สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รุ่งนภา จันทร์แรม (2554: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 บนพื้นฐานของทฤษฎีสืบเสาะหาความรู้ โดยวิธี Model-Observe-Reflect-Explain: MORE เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติของนักเรียนก่อนและหลังเรียน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการ Model-Observe-Reflect-Explain: MORE มีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.55 และนักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องสูงกว่าร้อยละ 80 ผู้วิจัยพบว่าวิธีการ Model-Observe-Reflect-Explain: MORE เป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านการมีความคิดเห็นของตนเอง ความกล้าในการแสดงความคิดและการตั้งคำถามอีกทั้งพบว่าการตั้งคำถามและการแนะนำของครูทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เคมีในหัวข้ออื่น ๆ ที่มีความสอดคล้องกับหัวข้อที่กำลังทำกิจกรรมอยู่อีกด้วย

Tein, Teichert and Rickey (2007) ได้นำเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อต้องการให้นักเรียนเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้จากเดิมที่มีแต่ฟังคำบรรยาย หรือทดลองตามหนังสือเรียนส่งผลให้นักเรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับสารละลายในระดับโมเลกุลที่ผ่านมามีการแก้ปัญหาโดยการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ และภาพเคลื่อนไหวที่เน้นการเรียนในระดับโมเลกุล แต่พบปัญหาคือนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติทดลองจริงและขาดทักษะการแสวงหาความรู้ เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายจึงถูกออกแบบขึ้นเพื่อตรวจสอบและพัฒนานักเรียนให้มีความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลของสาร โดยทำการศึกษาการละลายน้ำของสารละลายเกลือและน้ำตาล เน้นที่ให้นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค สู่การออกแบบแนวความคิดของนักเรียนในระดับโมเลกุล จากการศึกษาพบว่านักเรียนร้อยละ 89 มีแนวคิดที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการการทดลอง และร้อยละ 80 สามารถอธิบายได้อย่างถูกต้องในเรื่องการละลายน้ำของเกลือ และนักเรียนร้อยละ 83 มีแนวคิดที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และร้อยละ 52 สามารถอธิบายได้อย่างถูกต้องในเรื่องการละลายของน้ำตาล

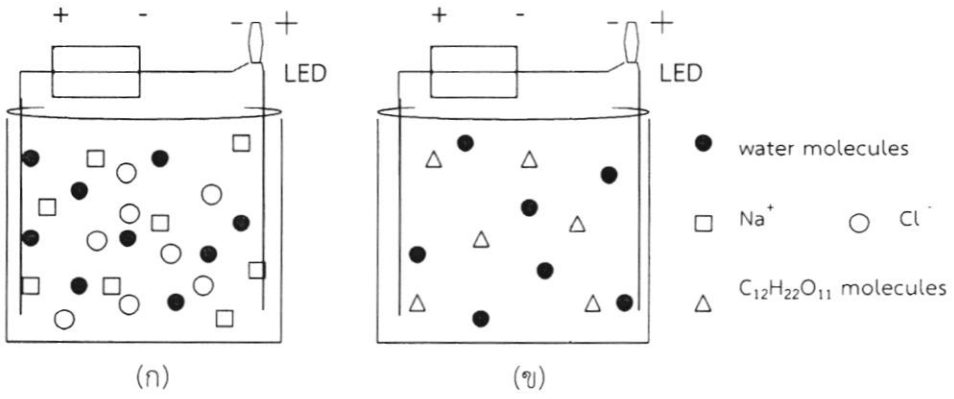
Mattox and Reisner (2006) ได้สร้างชุดทดลองร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย เพื่อช่วยมโนมติของนักเรียน เรื่อง พฤติกรรมความแตกต่างของสารประกอบต่างๆเมื่อนำไปละลายในน้ำ จนนักเรียนเริ่มสร้างความคิดด้วยตนเองและปรับปรุงความคิดเดิม ๆ จนเชื่อมโยงความเข้าใจพฤติกรรมของสารระหว่างระดับมหภาคกับระดับโมเลกุล อีกทั้งจดคำบรรยายได้ดีขึ้น แก้โจทย์ปัญหาที่สัมพันธ์กับการบรรยายได้ และเข้าใจพื้นฐานความคิดทางเคมีมากขึ้นเมื่อเทียบกับนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มควบคุมใช้การทดลองแบบเดิม ชุดการทดลองร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายผู้วิจัยบรรยายในเชิงลึกในส่วนที่ 1 สัปดาห์ก่อนทดลองนักเรียนจะถูกถามเพื่อดูแบบจำลองในเบื้องต้นของนักเรียนแต่ละคน โดยให้บรรยายทั้งแบบจำลองระดับมหภาคและแบบจำลองระดับโมเลกุล หลังจากนั้นจึงเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต

สะท้อนกลับ อธิบาย เพื่อปรับปรุงแบบจำลองใหม่ เริ่มจากขั้นที่ 1 แบบจำลอง ก่อนดำเนินกิจกรรม นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายและวาดแบบจำลองเบื้องต้นที่ครูได้ตั้งขึ้นมา เช่น แบบจำลองเบื้องต้นเมื่อน้ำตาลละลายในน้ำ ดังตัวอย่างภาพที่ 2.6 โดยครูเดินเยี่ยมชมนักเรียนในแต่ละกลุ่ม การถกเถียงความแตกต่างระหว่างแบบจำลองในระดับมหภาคและระดับโมเลกุลจะเริ่มขึ้น ขั้นที่ 2 สังเกต นักเรียนทดลองสารอิเล็กโทรไลต์และสารนอนอิเล็กโทรไลต์ เช่น เกลือแกง แคลเซียมคลอไรด์ คอปเปอร์ (II) คลอไรด์ น้ำตาลกลูโคส ไอโซโพรพานอล และน้ำตาลซูโครส แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายแต่ละชนิดโดยใช้ LED ดังตัวอย่างภาพที่ 2.7 ในระดับมหภาคมีสารสองชนิดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อนำไปละลายในน้ำ คือ แคลเซียมคลอไรด์จะต้องให้ความร้อนจึงละลายได้ และคอปเปอร์ (II) คลอไรด์ จะเกิดการเปลี่ยนของสีเมื่อนำไปละลาย และสารทั้งสองมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสารอิเล็กโทรไลต์อื่นๆ ทดลองสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สารละลายโซเดียมไอออไดด์ ที่มีความเข้มข้นเท่ากันพบว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะทำให้หลอด LED สว่าง 6 หลอด สารละลายโซเดียมไอออไดด์จะทำให้หลอด LED สว่าง 2 หลอด แสดงว่า NaCl นำไฟฟ้าได้ดีกว่า และทดลองเปรียบเทียบ NaCl กับสารละลายต่อไปนี้ คือ $CaCl_2$ $NaNO_3$ and Na_2SO_4 และ NH_4Cl และให้นักเรียนสังเกตค่าการนำไฟฟ้าของน้ำประปาและน้ำ DI จะพบว่าทำไมต้องใช้น้ำ DI ในการทดลองนี้ เป็นต้น ขั้นที่ 3 สะท้อนกลับ นักเรียนถูกถามจากการสังเกตด้วยตา เพื่อให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเบื้องตันด้วยตัวเอง หากนักเรียนไม่เข้าใจครูต้องถามเป็นชุดคำถามเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความคิดระดับโมเลกุลและระดับมหภาคได้ ขั้นที่ 4 อธิบาย นักเรียนนำผลที่ได้มาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน แล้วอธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาสุดท้ายเทียบกับแบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนทำให้เกิดการปรับปรุงแบบจำลองใหม่



ภาพที่ 2.6 แบบจำลองในเบื้องต้นของนักเรียนเมื่อน้ำตาลละลายในน้ำ

ที่มา: Mattox and Reisner (2006)



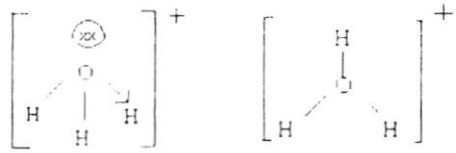
ภาพที่ 2.7 วัดค่าการนำไฟฟ้าสารละลาย (ก) เกลือแกง (ข) น้ำตาลซูโครส
ที่มา: Mattox and Reisner (2006)

จากงานวิจัยข้างต้นเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนนั้นจะเน้นให้นักเรียนแสดงออกซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการแสดงมโนมติของนักเรียนต่อเรื่องที่ได้จากการสำรวจ การสืบค้นด้วยตนเองของนักเรียนเอง ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้เกิดประโยชน์กับนักเรียนมากที่สุดครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมด้วยเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย อีกทั้งยังเน้นให้นักเรียนแสดงความรู้ แนวความคิดของตัวเองที่เกิดขึ้นออกมาในรูปแบบของ Model ของการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงในระดับรูปธรรมสู่การเปลี่ยนแปลงในระดับนามธรรมทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น อีกทั้งการสร้างชุดทดลองเป็นนวัตกรรมที่เหมาะสมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ในการทดสอบการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์เพื่อช่วยให้นักเรียนได้ลงมือทดลองจริงเกิดเป็นมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและยาวนาน

2.4.3 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนมติของนักเรียน

เบญจพร อินทรสด (2553: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยการสืบเสาะแบบแนะนำกับการสืบเสาะสำเร็จรูป ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนกลุ่ม GI มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่ม SI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนกลุ่ม SI มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนกลุ่ม GI ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ทำให้ทราบว่านักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ เรื่องการทำนายรูปร่างโมเลกุล และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 20 เช่น นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนวาดแบบจำลองของ H_3O^+ เป็นสามเหลี่ยมแบนราบ ดังภาพที่ 2.8ข ซึ่งที่ถูกต้องนักเรียน

ต้องวาดแบบจำลองเป็นพิระมิดฐานสามเหลี่ยม ดังภาพที่ 2.8ก และมโนมติคลาดเคลื่อนน้อยสุดคือ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 4.45



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.8 แบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของ H_3O^+ (ก) มโนมติวิทยาศาสตร์ (ข) มโนมติคลาดเคลื่อน

ที่มา: เบญจพร อินทรสด (2553)

Kuathan, Faikhamta and Sanguanruang (2011) ได้ศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการอ่านคำตอบอย่างละเอียดแล้วตีความ เพื่อหารูปแบบและประเด็นของคำตอบ จากนั้นนำคำตอบที่ได้มาจัดกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติผิดตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าของสารโครงผลึกร่างตาข่าย และการเกิดพันธะโลหะ ผู้วิจัยพบแบบจำลองที่เป็นมโนมติที่ผิดและมโมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องรูปร่างโมเลกุล ไดคลอรีนมอนอออกไซด์ (Cl_2O) ตัวอย่างภาพที่ 2.9 นอกจากนั้นยังพบว่า นักเรียนได้นำเอาประสบการณ์ หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้อธิบายพันธะเคมี และสมบัติของสาร จากผลการวิจัย ได้ข้อเสนอแนะว่า ครูเคมีควรจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้างทดสอบ และประเมินแบบจำลอง ความคิดของตนเองซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ภาพที่ 2.9 แบบจำลองรูปร่างโมเลกุลของ Cl_2O (ก) มโนมติที่ผิด (ข) มโนมติวิทยาศาสตร์

ที่มา: Kuathan, Faikhamta and Sanguanruang (2011)

Peterson and Treageust (1989) ได้ทำการศึกษามโนติที่ผิดของนักเรียนในวิชาเคมีและครูผู้สอนในรายวิชาเคมีในทุกระดับการศึกษา ความเข้าใจผิดจากการสัมภาษณ์อาจจะถูกนำมาเป็นตัวเลือกในการทำข้อสอบแบบเลือกตอบ วิจัยนี้ได้บรรยายเครื่องมือวินิจฉัยจากข้อสอบแบบเลือกตอบด้วยกระดาษและดินสอเพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนในความคิดรวบยอดเรื่องโครงสร้างและพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบ 2 ระดับ ในระดับแรกเป็นเนื้อหาโดยให้ตัวเลือกตอบ 2, 3 หรือ 4 ข้อ ในระดับสองเป็นการให้เหตุผลที่สนับสนุนการตอบในตัวเลือกระดับแรก มีเพียงหนึ่งคำตอบที่ถูกต้องตัวเลือกที่เหลือเป็นเหตุผลที่ทำให้เข้าใจผิดเนื้อหาที่ถาม เช่น ให้นักเรียนแสดงตำแหน่งของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของ HF โดยให้ตัวเลือกในระดับแรกดังภาพที่ 2.10 พบว่าร้อยละ 23 นักเรียนตอบผิดเลือกภาพที่ 2.10ข ให้เหตุผลว่า H จับกับ Fเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์และอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะต้องอยู่ตรงกลางระหว่างอะตอม และร้อยละ 61 นักเรียนตอบถูกต้องเลือกภาพที่ 2.10ก โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าแรงดึงดูดอิเล็กตรอนของ F สูงกว่า H จากการทดสอบพบว่าความเข้าใจผิดหลัก ๆ ของนักเรียน 8 ข้อ จาก 5 เนื้อเรื่อง ได้แก่ สภาพขั้วของพันธะพบว่า ร้อยละ 23 นักเรียนเชื่อมโยงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของพันธะ แต่ไม่พิจารณาค่า EN และความไม่เท่ากันของสภาพขั้วมีเพียงแค่ร้อยละ 61 เท่านั้นที่พิจารณารูปร่างโมเลกุลพบว่าร้อยละ 25 นักเรียนบอกว่า SCl_2 รูปร่างแบบเส้นตรงพิจารณาแค่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ร้อยละ 22 บอกว่า SCl_2 มีรูปร่างแบบมุมงอพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเท่านั้น ร้อยละ 27 บอกว่ารูปร่างของโมเลกุลเกิดจากสภาพขั้ว สภาพขั้วของโมเลกุลพบว่าร้อยละ 34 นักเรียนบอกว่าโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะเกิดขึ้นเมื่ออะตอมในโมเลกุลมีค่า EN ที่เท่ากัน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์พบว่าร้อยละ 23 นักเรียนบอกว่าเป็นแรงภายในโมเลกุลร้อยละ 33 บอกว่าเป็นแรงภายในของสารโคเวเลนต์ที่เป็นของแข็ง และกฎออกเตดพบว่าร้อยละ 20 นักเรียนบอกว่าอะตอมของไนโตรเจนในโมเลกุล N_2Cl_4 ใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมกันถึง 5 คู่ในพันธะ

H :F **H : F**

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.10 ตัวเลือกคำตอบในระดับแรกที่แสดงตำแหน่งอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของ HF
(ก) มโนมติวิทยาศาสตร์ (ข) มโนมติที่ผิด
ที่มา: Peterson and Treageust (1989)

จากงานวิจัยข้างต้นครูผู้สอนพบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ทำให้ต้องสร้างนวัตกรรมแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายและชุดทดลอง โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย มาแก้ไขปัญหาเหล่านี้ และ

ต้องออกแบบเครื่องมือทดสอบมโนมติของนักเรียนก่อนและหลังเรียนแบบ 2 ระดับ (2-tier test) เพื่อสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และออกแบบประเมินการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของนักเรียนให้ครอบคลุม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และเพื่อศึกษาพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนที่เรียน เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้ รูปแบบการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิธีดำเนินการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-group pre- est and post-test design) สำหรับแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$T_1 \text{ ---------- } X \text{ ---------- } T_2 \qquad (3.1)$$

โดยที่ T_1 คือการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)

X คือการเรียนร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนอธิบาย

T_2 คือการทดสอบหลังเรียน (Post-test)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 29 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 21 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 50 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย เน้นให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มโดยคละความสามารถ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการจัดกลุ่มนักเรียน โดยนำคะแนนรายวิชาเคมีพื้นฐาน (31121) เรื่อง พันธะเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของนักเรียนมาเรียงลำดับคะแนนจากสูงไปต่ำ จากนั้นจัดนักเรียนที่มีคะแนนสูง 10 คนแรก (คะแนน 30-26) เป็นกลุ่มนักเรียนเก่ง 30 คน

ต่อไปเป็นกลุ่มนักเรียนปานกลาง (คะแนน 26-15) และ 10 คนสุดท้ายเป็นกลุ่มนักเรียนอ่อน (คะแนน 15-0) จากนั้นจัดนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยโดยแต่ละกลุ่มจะมีจำนวนนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน เป็นอัตราส่วน 1:2:1 ตามหลักการจัดการเรียนของ Slavin (1990) ซึ่งได้กลุ่มย่อยทั้งหมด 12 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิก 4 คน จำนวน 10 กลุ่ม และสมาชิก 5 คน จำนวน 2 กลุ่ม

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

1) ศึกษาตำราและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

2) ศึกษาหลักสูตร แบบเรียน คู่มือและขอบข่ายเนื้อหาวิชาเคมีในหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพัทลุงพิทยาคม เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

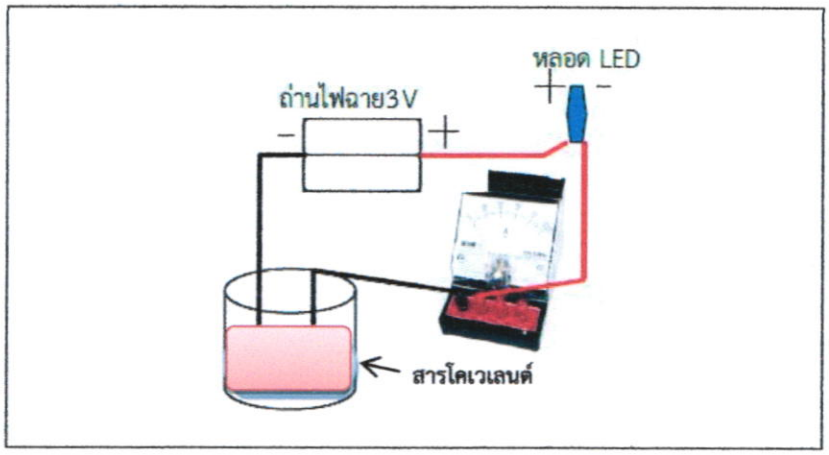
3) กำหนดกิจกรรม การทดลอง สื่อการสอน รวมทั้งการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้แต่ละครั้ง โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับเนื้อหา วัตถุประสงค์ และเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

4) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย จำนวน 2 แผน แผนละ 5 ชั่วโมงรวม 10 ชั่วโมง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ ประกอบด้วยใบความรู้ ชุดทดลองการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ประกอบด้วยแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย ใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และใบความรู้ โดยก่อนดำเนินกิจกรรมนักเรียนต้องทำแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังจากดำเนินกิจกรรมแล้วนักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนชุดเดิม เพื่อสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

4.1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ จำนวน 1 แผน 5 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองเรื่องการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ดังนี้

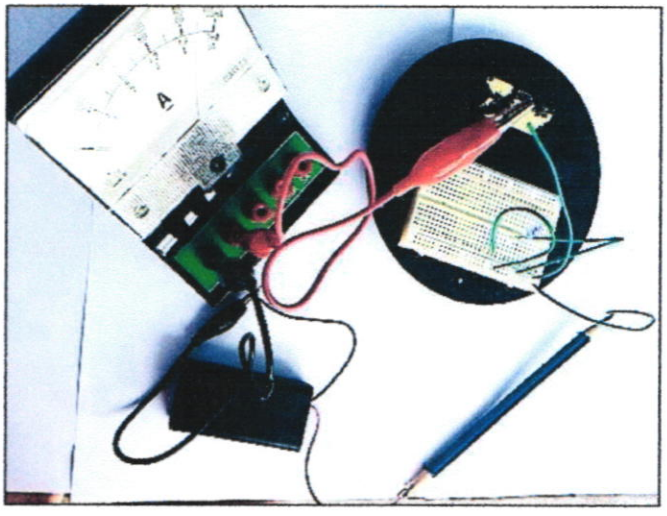
4.1.1) ขั้นแบบจำลอง ครูให้นักเรียนวาดแบบจำลองเบื้องต้นในระดับมหภาคของสารโคเวเลนต์ ได้แก่ น้ำกลั่น (H_2O) กรดเกลือ (HCl) 0.1 M และกรดแอซิติก

(CH_3COOH) 0.1 M ในบีกเกอร์ขนาด 25 mL หลังผ่านการนำไฟฟ้าจากถ่านไฟฉาย 3 V หลอด LED แอมป์มิเตอร์และสายไฟ ดังภาพที่ 3.1 ลงในกระดาษพรู๊ฟครึ่งแผ่น หากมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหลอด LED ต้องเปล่งแสงออกมา และเข็มแอมป์มิเตอร์ต้องมากกว่า 0 แอมป์

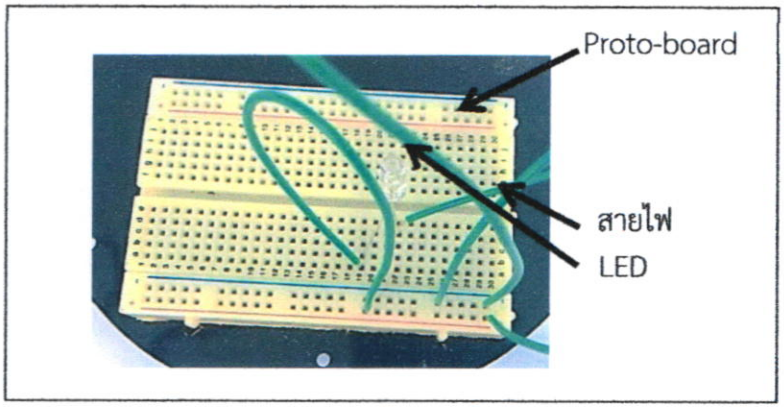


ภาพที่ 3.1 แบบจำลองเบื้องต้นในระดับมหภาค

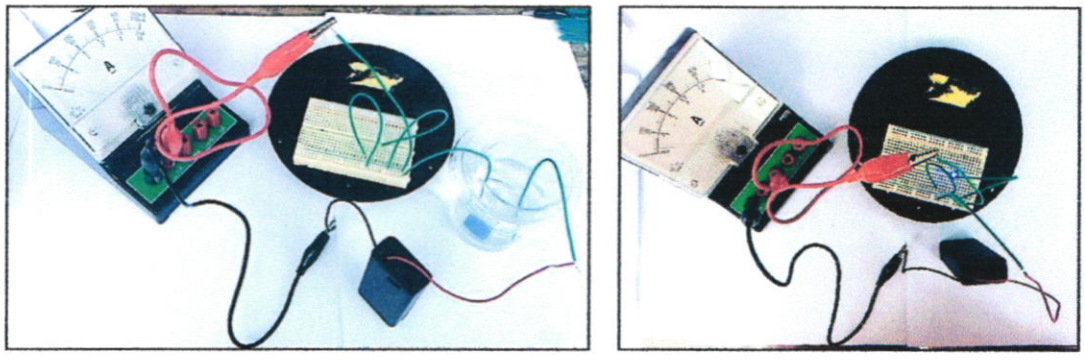
4.1.2) ครูสาธิตการต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้ไส้ดินสอเป็นสารโคเวเลนต์ เพื่อเป็นตัวอย่างให้นักเรียนเข้าใจหลักการต่อวงจร และสาเหตุการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ปรับปรุงจาก กนิษฐา ธรรมขันธ์ (2550: 172-173) ดังภาพที่ 3.2 หลังจากนั้นครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน (เก่ง ปานกลาง อ่อน) รับชุดทดลองการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ ซึ่งประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสงสีแดง หรือสีน้ำเงินจำนวน 1 หลอดเสียบไว้บนแผงต่อวงจร (Proto-board) สายไฟชนิดแข็งสำหรับเชื่อมต่อวงจรจำนวน 5 เส้น ดังภาพที่ 3.3 ถ่านไฟฉาย 3 V บรรจุในรางถ่านไฟฉายเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า บีกเกอร์ขนาด 25 mL 3 ใบ สำหรับใส่สารโคเวเลนต์ ได้แก่ น้ำกลั่น กรดเกลือ และกรดแอซิติก แอมป์มิเตอร์ 1 เครื่องเพื่อดูค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 3.4ก เทียบกับค่าการนำไฟฟ้าที่ไม่ผ่านสารโคเวเลนต์ดังภาพที่ 3.4ข และเอกสารประกอบการทดลองการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์เพื่อให้นักเรียนดูขั้นตอนการทดลอง บันทึกผลการทดลองเป็นตารางที่นักเรียนออกแบบเอง สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีทางเคมี



ภาพที่ 3.2 การต่อวงจรของแกรไฟต์



ภาพที่ 3.3 การต่อวงจรบน Proto-board

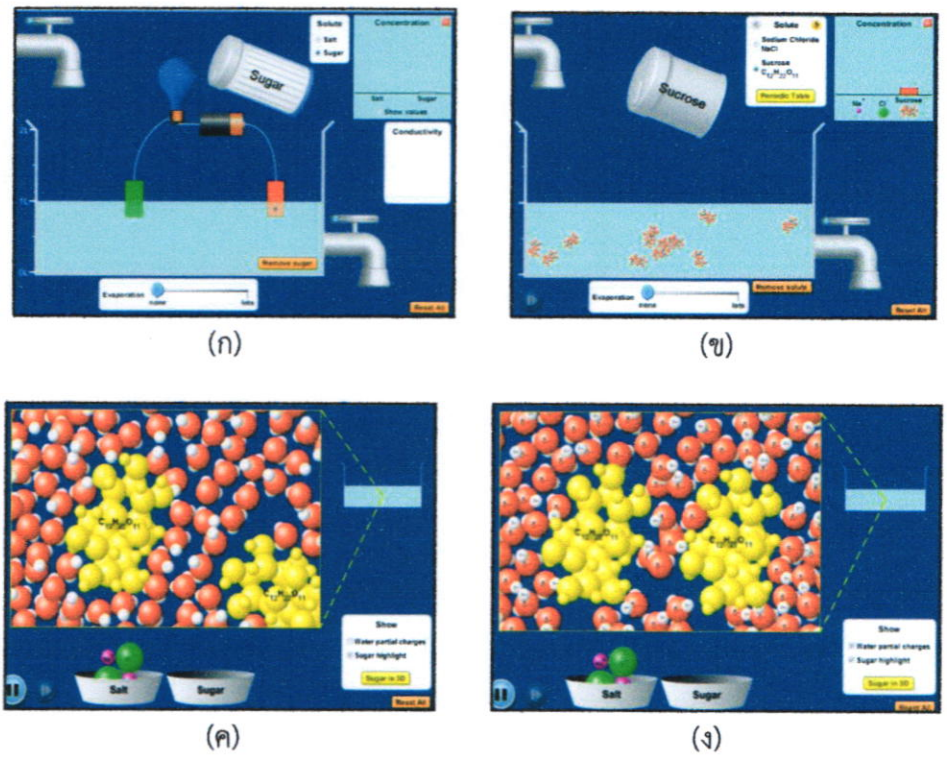


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.4 การต่อชุดทดลองการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ (ก) ผ่านสารโคเวเลนต์ (ข) ไม่ผ่านสารโคเวเลนต์

4.1.3) นักเรียนนำผลที่ได้จากขั้น observe มาอภิปรายกันภายในกลุ่มเพื่อหาแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วโดยมีครูคอยแนะนำ และซักถามเพื่อให้ได้แบบจำลองในระดับโมเลกุลที่เป็นมโนมติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

4.1.4) นักเรียนจะต้องวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุลจากแบบจำลองเบื้องต้น แล้วครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานไปติดที่ฝาผนังห้องเรียนแล้วให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของกลุ่มตนเองเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ หลังจากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายอีกครั้งภายในห้องเรียนร่วมกับการใช้โปรแกรม PhET INTERACTIVE SIMULATION (University of Colorado, https://phet.colorado. edu/en/simulations/category/chemistry) ดังภาพที่ 3.5 เพื่อให้นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น



(ก) (ข)

(ค) (ง)

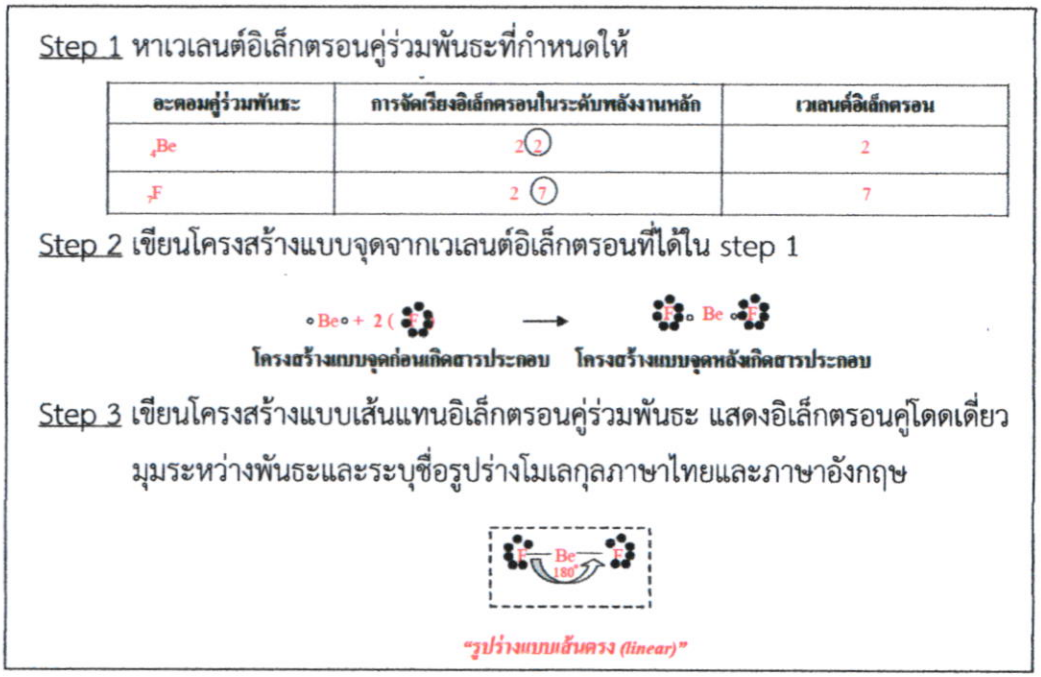
ภาพที่ 3.5 โปรแกรม PhET INTERACTIVE SIMULATION ทดสอบน้ำตาลซูโครสละลายในน้ำ (ก) ทดสอบการนำไฟฟ้าในระดับมหภาค (ข) การละลายในระดับโมเลกุล (ค) โมเลกุลของน้ำล้อมรอบน้ำตาลซูโครส (ง) สภาพขั้วของโมเลกุลน้ำที่ล้อมรอบน้ำตาลซูโครส

4.2) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 1 แผน 5 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายโดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ดังนี้

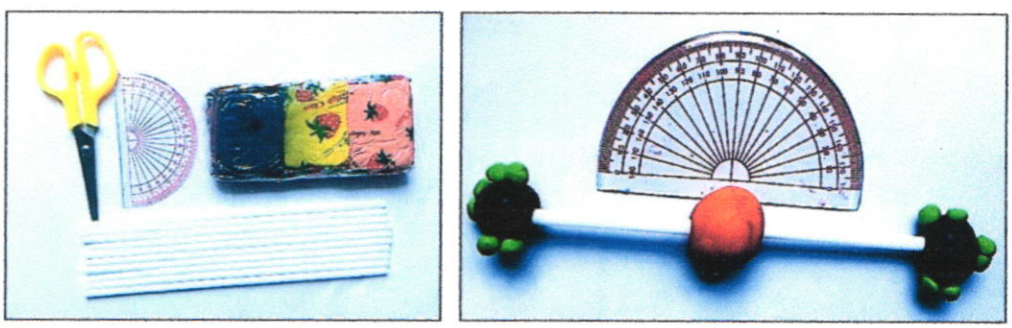
4.2.1) ขั้นแบบจำลอง ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดแบบจำลองเบื้องต้นของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 AsF_5 และ TeF_6 ลงในกระดาษ A4 โดยกำหนดให้นักเรียนบอกชื่อรูปร่างโมเลกุล วาดโครงสร้าง แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอม แสดงสัญลักษณ์และขนาดแทนอะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบ เส้นพันธะระหว่างอะตอม และขนาดมุมระหว่างพันธะ โดยให้ข้อมูลประกอบการวาดคือตารางธาตุ ขนาดอะตอม และความยาวพันธะเฉลี่ยระหว่างอะตอม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

4.2.2) ขั้นสังเกต นักเรียนสร้างแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายโดยใช้ใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้ Three Steps Technical: TST แก่นักเรียนดังตัวอย่างภาพที่ 3.6 เพื่อให้นักเรียนศึกษาและลงมือทำกิจกรรมตามขั้นตอนจนกระทั่งต่อโครงสร้าง

โมเลกุลจากดินน้ำมันหลากหลายสีแทนอะตอมกลางและอะตอมล้อมรอบ หลอดดูดชนิดแข็งแทนพันธะระหว่างอะตอม ไม้โปรเจคเตอร์สำหรับวัดขนาดมุมระหว่างพันธะ และกรรไกรเพื่อตัดหลอดดูดที่แสดงพันธะที่มีความยาวแตกต่างกันในภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างกิจกรรมในใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ BeF_2

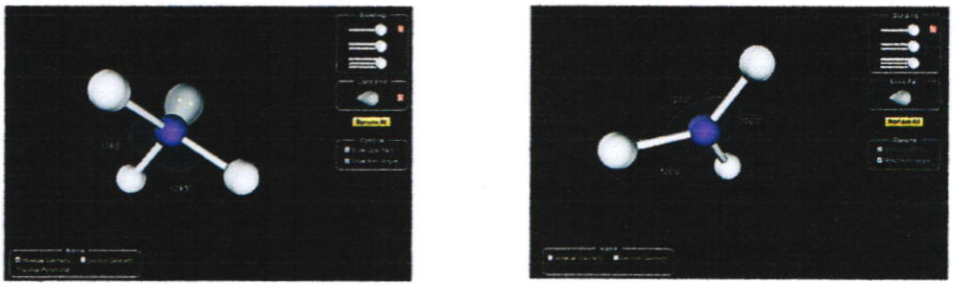


ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์การต่อโครงสร้าง

4.2.3) ขั้นสะท้อนกลับ นักเรียนอธิบายและอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองเบื้องต้น โดยใช้ Three Steps Technical:TST จากขั้นสังเกตมาช่วยโดยมีครูคอยแนะนำ และซักถามเพื่อให้ได้แบบจำลองปรับปรุงที่ถูกต้องลงในกระดาษแผ่นใหม่

4.2.4) ขั้นอธิบาย ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองปรับปรุง รูปร่างโมเลกุลของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 AsF_5 และ TeF_6 และครูสาธิตการ

ต่อโครงสร้างโมเลกุลจากการใช้โปรแกรม PhET INTERACTIVE SIMULATION (University of Colorado Boulder ดังตัวอย่างภาพที่ 3.8 เพื่อให้นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.8 โปรแกรม PhET INTERACTIVE SIMULATION แสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (ก) AX_3E (ข) AX_3

3.3.1.2 แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนแบบ 2 ส่วน (2-teir test) ชุดเดียวกัน ส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัยที่มี 2, 3, 4 หรือ 5 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัยให้เหตุผลแบบปลายเปิดที่สนับสนุนการตอบในตัวเลือกส่วนที่ 1 เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 15 ข้อ โดยเน้นการวัดทักษะความรู้ ความเข้าใจ ตามทัศนของบลูม (Bloom's Taxonomy) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นความเข้าใจ จำนวน 8 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.3 การประเมินค่าจำนวน 2 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 13.3 และขั้นวิเคราะห์ จำนวน 5 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 33.4 โดยแบบทดสอบทั้ง 15 ข้อ จัดขึ้นตามวัตถุประสงค์ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ตามวัตถุประสงค์และระดับทัศนของบลูม

วัตถุประสงค์	แบบทดสอบข้อที่	ระดับตามทัศนของบลูม
1. สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	1-2	ความเข้าใจ
	3-4	การประเมินค่า
2. การวาดรูปโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์	5-6	ความเข้าใจ
3. การวาดรูปโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ AX_m และ AX_mE_n	7-8	ความเข้าใจ
4. สารโคเวเลนต์เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน	9-10	วิเคราะห์
5. การเปรียบเทียบความยาวและความแข็งแรงของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามของโมเลกุลโคเวเลนต์	11-12	ความเข้าใจ
6. การอธิบายอิทธิพลของค่า EN ต่ออิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ	13	วิเคราะห์
7. การอธิบายโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ AX_3E	14	วิเคราะห์
8. การอธิบายโครงสร้างแบบผลึกร่างตาข่าย	15	วิเคราะห์

3.3.1.3 แบบประเมินการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

แบบประเมินการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นการนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์ ได้แก่ น้ำ กรดแอซิติก และกรดเกลือ ในระดับมหภาค และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุล เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ มีเกณฑ์การให้คะแนนดัง ตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 คะแนนการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์

เกณฑ์การประเมินรวมคะแนน (18 คะแนน)	การนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์ (9 คะแนน)	การวาดแบบจำลองการต่อวงจร (9 คะแนน)
การจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น	นักเรียนสามารถบอกได้ว่ากรดเกลือ (3 คะแนน) และกรดแอซิติกนำไฟฟ้าได้ (3 คะแนน) และน้ำกลั่นนำไฟฟ้าได้น้อยมากหรือแทบจะไม่นำไฟฟ้าเลย (3 คะแนน)	นักเรียนสามารถวาดการต่อวงจรแบบอนุกรมของถ่านไฟฉาย LED แอมมิเตอร์ และสารโคเวเลนต์ได้แก่ น้ำ (3 คะแนน) กรดแอซิติก (3 คะแนน) และกรดเกลือ (3 คะแนน) ได้ถูกต้องตามภาพที่ 3.1

เกณฑ์การประเมินผล

ร้อยละ 80 - 100 = ดี

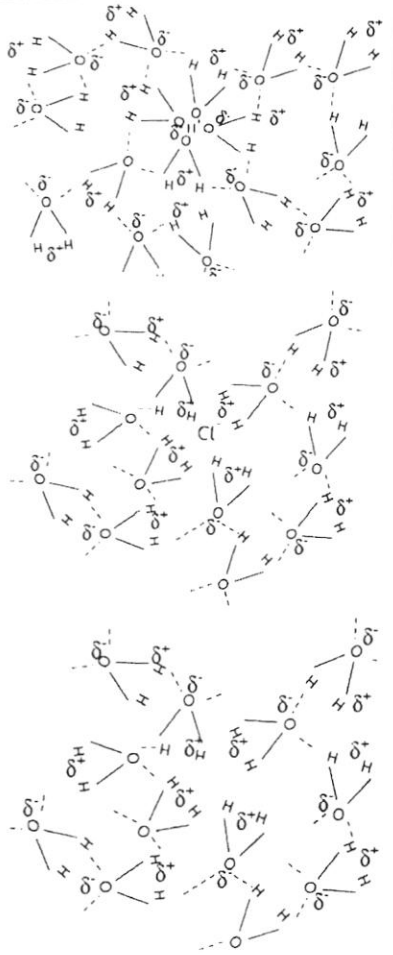
ร้อยละ 50 – 70 = พอใช้

ร้อยละ 0 – 40 = ควรปรับปรุง

ตารางที่ 3.3 คะแนนการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์

เกณฑ์การประเมินรวมคะแนน (18 คะแนน)	การนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์ (6 คะแนน)	การวาดแบบจำลองการต่อวงจร (6 คะแนน)	วาดแบบจำลองสารโคเวเลนต์เมื่อละลายในน้ำในระดับโมเลกุล (6 คะแนน)
การจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	นักเรียนสามารถบอกได้ว่ากรดเกลือ (2 คะแนน) และกรดแอซิติก (2 คะแนน) นำไฟฟ้าได้ และน้ำกลั่น (2 คะแนน) นำไฟฟ้าได้น้อยมาก	นักเรียนสามารถวาดการต่อวงจรแบบอนุกรมของถ่านไฟฉาย LED แอมมิเตอร์ และสารโคเวเลนต์ ได้แก่ น้ำ (2 คะแนน) กรดแอซิติก (2 คะแนน)	นักเรียนแสดงสัญลักษณ์สภาพขั้วบวก (δ^+) ด้าน H ของน้ำ และสภาพขั้วลบ (δ^-) ด้านไฮโดรเจนของน้ำ (2 คะแนน) H_2O เข้ามาล้อมรอบ H^+ H_2O เข้ามาล้อมรอบ Cl^- ของ HCl (2 คะแนน) และ H_2O เข้ามาล้อมรอบ H^+ H_2O เข้ามาล้อมรอบ CH_3COO^- ของ CH_3COOH (2 คะแนน)

ตารางที่ 3.3 คะแนนการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ (ต่อ)

เกณฑ์การประเมิน รวมคะแนน (18 คะแนน)	การนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์ (6 คะแนน)	การวาดแบบจำลองการต่อวงจร (6 คะแนน)	วาดแบบจำลองสารโคเวเลนต์เมื่อละลายในน้ำในระดับโมเลกุล (6 คะแนน)
การจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	หรือแทบจะไม่นำไฟฟ้าเลย (2 คะแนน)	และกรดเกลือ (2 คะแนน) ได้ถูกต้อง	

เกณฑ์การประเมินผล

ร้อยละ 80 - 100 = ดี

ร้อยละ 50 – 70 = พอใช้

ร้อยละ 0 – 40 = ควรปรับปรุง

แบบประเมินการจัดกระทำข้อมูลการแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คะแนนการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

เกณฑ์การประเมินรวมคะแนน (10 คะแนน)	ชื่อรูปร่างโมเลกุล (2 คะแนน)	การวาดโครงสร้างโมเลกุล (3 คะแนน)	สัญลักษณ์ (2 คะแนน)	เส้นพันธะ (1 คะแนน)	มุมระหว่างพันธะ (2 คะแนน)
การจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว	นักเรียนสามารถบอกชื่อรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทั้งภาษาไทยได้ถูกต้อง (1 คะแนน) และภาษาอังกฤษได้ (1 คะแนน)	นักเรียนสามารถวาดรูปร่างได้ถูกต้อง (1 คะแนน) วาดขนาดอะตอมกลางและขนาดอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน) และแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้ถูกต้อง (1 คะแนน)	นักเรียนแสดงสัญลักษณ์ธาตุของอะตอมกลางได้ถูกต้อง (1 คะแนน) และอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)	นักเรียนแสดงเส้นพันธะระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะได้ถูกต้อง (1 คะแนน)	นักเรียนระบุขนาดของมุมระหว่างพันธะได้ถูกต้อง (2 คะแนน)

เกณฑ์การประเมินผล

ร้อยละ 80 - 100 = ดี

ร้อยละ 50 – 70 = พอใช้

ร้อยละ 0 – 40 = ควรปรับปรุง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดทดลองและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาโครงสร้างรายวิชา คำอธิบายรายวิชาและวิเคราะห์หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

2) ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์จากหนังสือเรียนรายวิชาเคมี 1 คู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) หนังสือ ตำราเรียน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการออกแบบชุดทดลองและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย

4) เสนอชุดทดลองและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ต่ออาจารย์ที่ปรึกษา โดยอาจารย์ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขและได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) จัดทำชุดทดลองและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายร่วมกับเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แบบปรับปรุงแก้ไขพร้อมกับนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้งเพื่อขอคำแนะนำ และดำเนินปรับปรุงแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้อง

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 แบบทดสอบมโนมติวิทยาศาสตร์

เพื่อวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้เวลา 60 นาที โดยใช้ข้อสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์แบบ 2 ส่วน (2-tier test) ชุดเดียวกัน ส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัยที่มี 2 3 หรือ 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัยให้เหตุผลแบบปลายเปิดที่สนับสนุนการตอบในตัวเลือกส่วนที่ 1 ดังภาพที่ 3.9 ซึ่งมีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.21-0.79 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20–0.67 และค่าความเชื่อมั่น (KR_{20}) เท่ากับ 0.65 จำนวน 15 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวมคะแนน 45 คะแนน และจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ มโนติวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน และผิด (สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) ตามตารางที่ 3.5

NH_3 และ PH_3 สารใดมีมุมระหว่างพันธะมากกว่า (วิเคราะห์)

ก. NH_3

ข. PH_3

เหตุผล.....

.....

ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างคำถามวัดมโนมติแบบ 2 ส่วน แบบทดสอบข้อที่ 10

ตารางที่ 3.5 สรุปมโนมติของนักเรียน 3 กลุ่ม

มโนมติ	วิทยาศาสตร์	คลาดเคลื่อน		ผิด
ส่วนที่ 1	/	/	X	X
ส่วนที่ 2	/	X	/	X

ถ้านักเรียนตอบได้ถูกต้องทั้ง 2 ส่วนแสดงว่านักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์ แต่ถ้าอย่างใดอย่างหนึ่งผิดถือว่าเป็นมโนมติคลาดเคลื่อน และถ้าผิดทั้งสองส่วนจัดเป็นมโนมติที่ผิด

ในการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ผู้วิจัยมีวิธีการดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ และศึกษาแนวการเขียนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

(2) สร้างแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

(3) นำแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

(4) ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จนได้ข้อสอบที่มีคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

(5) นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจคุณภาพโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบคุณภาพ ดังแสดงในตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก ก) แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad (3.2)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence)

R คือ คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อคำถามแต่ละข้อ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

+1 หมายถึง แบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

-1 หมายถึง คำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

เกณฑ์การแปลความหมาย มีดังนี้

ค่า IOC $\geq$ .50 หมายความว่า แบบทดสอบนั้นวัดตรงวัตถุประสงค์การวิจัย

ค่า IOC < .50 หมายความว่า แบบทดสอบนั้นวัดไม่ตรงวัตถุประสงค์การวิจัย

6) ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง

7) นำแบบทดสอบไป try out กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

8) นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจคุณภาพแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.3.2.2 แบบประเมินการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

แบบประเมินการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองด้วยการใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินขึ้นเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างในขั้นตอนแบบจำลองและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังผ่านขั้นตอนสะท้อนกลับ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามตารางที่ 3.2-3.4

3.4 วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

3.4.2 ครูแนะนำการดำเนินกิจกรรมว่ามีขั้นตอนอย่างไรบ้าง

3.4.3 ดำเนินกิจกรรมโดยใช้ชุดทดลองเรื่องการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ และแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายครูประเมินแบบจำลองเบื้องของนักเรียนก่อนเข้าสู่ขั้นตอนแบบจำลองและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังขั้นตอนสะท้อนกลับ

3.4.4 ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

3.4.5 ตรวจคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1.1 วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานคือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบ t แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (pair-sample t-test) โดยทดสอบที่นัยสำคัญทางสถิติ ที่ .05

3.5.1.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่า normalized gain แบบแต่ละรายชั้นเรียน (class normalized gain) แบบแต่ละรายบุคคล (single student normalized gain) และแบบแต่ละรายข้อ (single test item normalized gain) (Hake, 1998) มีสูตรดังนี้

$$< g > = \frac{\%\,posttest - \%\,pretest}{100 - \%\,pretest} \qquad (3.3)$$

เมื่อ <g> คือ ค่า Normalized gain

% posttest คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% prettest คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่า <g> ที่ได้จะอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0 สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้ 3 ระดับ คือ

High gain เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $<g> \geq 0.7$

Medium gain เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.3 \leq <g> < 0.7$

Low gain เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $<g> < 0.3$

3.5.1.3 วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว โดยนำคะแนนที่ได้ของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาคิดเป็นค่าร้อยละเพื่อระบุระดับพฤติกรรมตามเกณฑ์การประเมิน

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ เปรียบเทียบคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อและรายวัตถุประสงค์ ความก้าวหน้าทางการเรียน และพฤติกรรมกลุ่มการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว มีดังนี้

4.1 เปรียบเทียบคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

4.1.1 มโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อ

มโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ในแบบทดสอบ 15 ข้อ ซึ่งบางข้ออยู่ในวัตถุประสงค์เดียวกันแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนและร้อยละมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อ คะแนนเต็มทุกข้อคือ 3 คะแนน

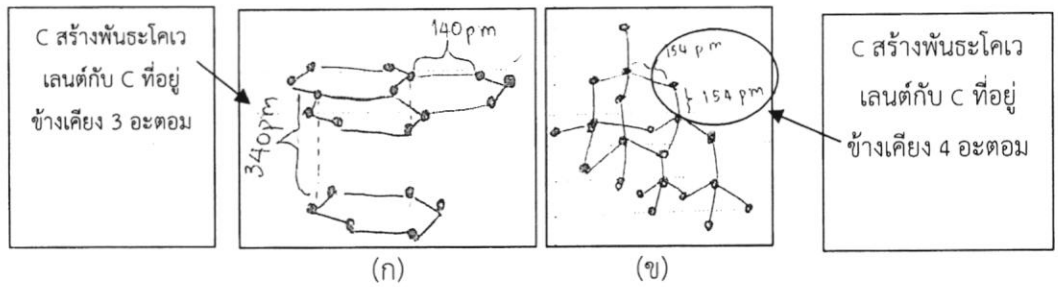
วัตถุประสงค์	แบบทดสอบข้อที่	คะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์				การเปลี่ยนแปลง	
		ก่อนเรียน		หลังเรียน			
		$\bar{X}$	ร้อยละ	$\bar{X}$	ร้อยละ	$\bar{X}$	ร้อยละ
1. สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์	1	**0.19**	6.33	2.19	72.89	**2.00**	**66.56**
	2	0.90	30.00	**2.53**	84.44	1.63	54.44
	3	**0.97**	32.44	2.34	78.00	1.37	45.56
	4	0.58	19.33	1.95	64.89	1.37	45.56
2. การวาดรูปโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์	5	0.62	20.56	2.21	73.61	1.59	53.05
	6	0.76	25.17	2.24	74.78	1.48	49.61
3. การวาดรูปโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ AX_m และ AX_mE_n	7	0.46	15.27	1.96	65.47	1.50	50.20
	8	0.35	11.73	1.89	63.07	1.54	51.34
4. สารโคเวเลนต์เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน	9	0.61	20.40	2.35	78.40		
	10	0.58	19.47	1.92	64.13	1.74	58.00
	12	0.48	16.00	1.76	58.67	1.34	44.66

ตารางที่ 4.1 คะแนนและร้อยละมโนมติเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อ คะแนนเต็มทุกข้อคือ 3 คะแนน (ต่อ)

วัตถุประสงค์	แบบทดสอบข้อที่	คะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์				การเปลี่ยนแปลง	
		ก่อนเรียน		หลังเรียน			
		$\bar{X}$	ร้อยละ	$\bar{X}$	ร้อยละ	$\bar{X}$	ร้อยละ
5. การเปรียบเทียบความยาวและความแข็งแรงของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามของโมเลกุลโคเวเลนต์	11	0.82	27.33	1.91	63.50		
	12	0.48	16.00	1.76	58.67	1.09	36.17
						1.28	42.67
6. การอธิบายอิทธิพลของค่า EN ต่ออิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ	13	0.78	25.83	2.13	70.89	1.35	45.06
7. การอธิบายโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ AX_3E	14	0.32	10.53	1.67	55.67	1.35	45.14
8. การอธิบายโครงสร้างแบบผลึกร่างตาข่าย	15	0.78	26.00	2.23	74.33	1.45	48.33
เฉลี่ย		0.61	20.43	2.09	69.52	1.48	49.09
SD		0.22	7.50	0.24	8.06	7.17	0.21
t-value		26.54*					

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคะแนนและร้อยละมโนมติเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกข้อ โดยภาพรวม ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน 2.09 สูงกว่าก่อนเรียน 0.61 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t-value = 26.54) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่จัดการเรียนรู้นี้ในเรื่องอัตราปฏิกิริยาเคมี เพราะกลวิธีนี้สามารถทำให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่เกิดขึ้นอันได้จากการสังเกตไปสู่การอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอมหรือโมเลกุลซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ อีกทั้งกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนและเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น (รุ่งนภา จันทร์แรม, 2554) และผลวิจัยยังสอดคล้องกับการสร้างแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายสำหรับการสอน เรื่องรูปร่างโมเลกุล (สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต, 2558) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณารายข้อพบว่าคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนคือข้อที่ 1 สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ และคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนต่ำที่สุดข้อที่ 14 การอธิบายโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ AX_3E เพราะนักเรียนเข้าใจว่าอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวและค่า EN ของอะตอมกลางมีผลต่อรูปร่างโมเลกุลของ NH_3 และ PH_3 แต่เข้าใจผิดค่า EN ของ P สูงกว่า N ดังนั้น P จึงดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้อะตอมกลางมากกว่า N ขนาดมุมระหว่างพันธะของ PH_3 จึงกว้างกว่า NH_3 ส่วนข้อที่มีคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนมากที่สุดคือข้อที่ 3 และ 2 ตามลำดับ ในวัตถุประสงค์เดียวกันคือสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์ว่าโครงสร้างของแกรไฟต์เป็นสารโคเวเลนต์ที่สามารถนำไฟฟ้าได้โดยให้เหตุผลว่าแกรไฟต์เป็นรูปหนึ่งของคาร์บอนเกิดจากอะตอมของคาร์บอน

สร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมที่อยู่ข้างเคียง 3 อะตอม ทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวเป็นโครงตาข่ายชั้นๆ การที่คาร์บอนมีการสร้างพันธะกับอะตอมข้างเคียงเพียงแค่ 3 อะตอมทำให้คาร์บอนแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอนเหลือ 1 อนุภาค สามารถเคลื่อนที่ไปตามอะตอมต่างๆภายในชั้นได้ ดังภาพที่ 4.1ก ส่วนเพชรเป็นสารโคเวเลนต์ที่ไม่นำไฟฟ้า นักเรียนให้เหตุผลว่าเพชรเป็นอัญรูปหนึ่งของคาร์บอน คาร์บอนแต่ละอะตอมใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนทั้งหมดสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมอีก 4 อะตอมที่อยู่ล้อมรอบ ทำให้เพชรไม่มีอิเล็กตรอนเหลืออยู่เลยในโครงสร้างจึงไม่นำไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.1ข



ภาพที่ 4.1 แบบจำลองมโนมติวิทยาศาสตร์ (ก) แกรไฟต์ (ข) เพชร

จากตารางที่ 4.1 ถึงแม้ว่านักเรียนทำคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนข้อที่ 1 ได้คะแนนต่ำที่สุดแต่เมื่อผ่านการเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายแล้วนักเรียนได้คะแนนหลังเรียน 2.19 สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน 0.19 มีค่าการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเท่ากับ 2.00 คะแนน ร้อยละ 66.56 และแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 11 เมื่อนักเรียนผ่านการเรียนโดยใช้แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์แล้วนักเรียนได้คะแนนหลังเรียน 1.91 สูงกว่าก่อนเรียน 0.82 มีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่ากับ 1.09 คะแนน ร้อยละ 36.17

4.1.2 มโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนรายวัตถุประสงค์

จากการวิเคราะห์แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย รายวัตถุประสงค์ โดยวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับตารางที่ 4.1 แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามตารางที่ 3.4 คือ มโนมติวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน และผิด ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติวิทยาศาสตร์ คลาดเคลื่อน และผิด ก่อนและหลังเรียน

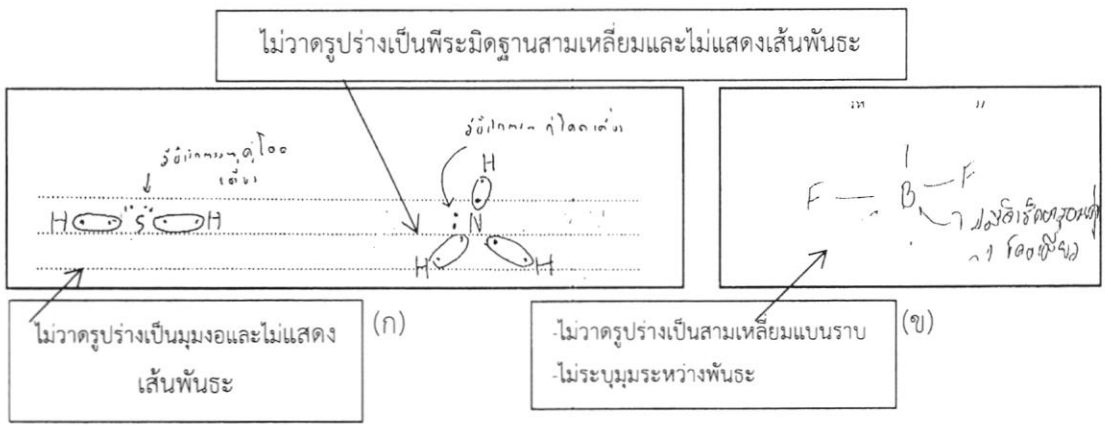
วัตถุประสงค์	จำนวนแบบทดสอบ	ร้อยละมโนมติก่อนเรียน			ร้อยละมโนมติหลังเรียน		
		วิทยาศาสตร์	คลาดเคลื่อน	ผิด	วิทยาศาสตร์	คลาดเคลื่อน	ผิด
1	4	1.50	50.00	48.50	73.50	24.00	2.50
2	2	**9.00**	33.00	58.00	**76.00**	23.00	**1.00**
3	2	0.00	28.00	**72.00**	68.00	22.00	10.00
4	2	0.00	45.00	55.00	69.00	25.00	6.00
5	2	1.00	56.00	43.00	**27.00**	68.00	5.00
6	1	0.00	62.00	**38.00**	**76.00**	18.00	6.00
7	1	0.00	30.00	70.00	34.00	44.00	**22.00**
8	1	0.00	60.00	40.00	52.00	42.00	6.00
เฉลี่ย		**1.44**	**45.50**	**53.06**	**59.44**	**33.25**	**7.31**

จากตารางที่ 4.2 พบว่าหลังจากเรียน เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แล้วร้อยละนักเรียนที่มีมโนมติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน และร้อยละนักเรียนที่มีมโนมติที่ผิดลดลงจากก่อนเรียนทุกวัตถุประสงค์

มโนมติก่อนเรียนที่ถูกต้องมากที่สุดได้แก่วัตถุประสงค์ที่ 2 โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องว่า $BeCl_2$ H_2S BF_3 CCl_4 PCl_5 และ SF_6 มีรูปร่างแบบเส้นตรง มุมงอ สามเหลี่ยมแบนราบ ทรงสี่หน้า พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม และทรงแปดหน้า ตามลำดับ นักเรียนสามารถวาดรูปร่างโมเลกุล แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางหรืออะตอมที่ล้อมรอบ และนักเรียนทุกคนไม่แสดงมุมระหว่างพันธะและไม่วาดขนาดอะตอม แต่หลังเรียนนักเรียนได้คะแนนในส่วนที่ 2 คือการให้เหตุผลจึงสามารถทำให้วัตถุประสงค์นี้นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์มากที่สุดเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์อื่นๆ

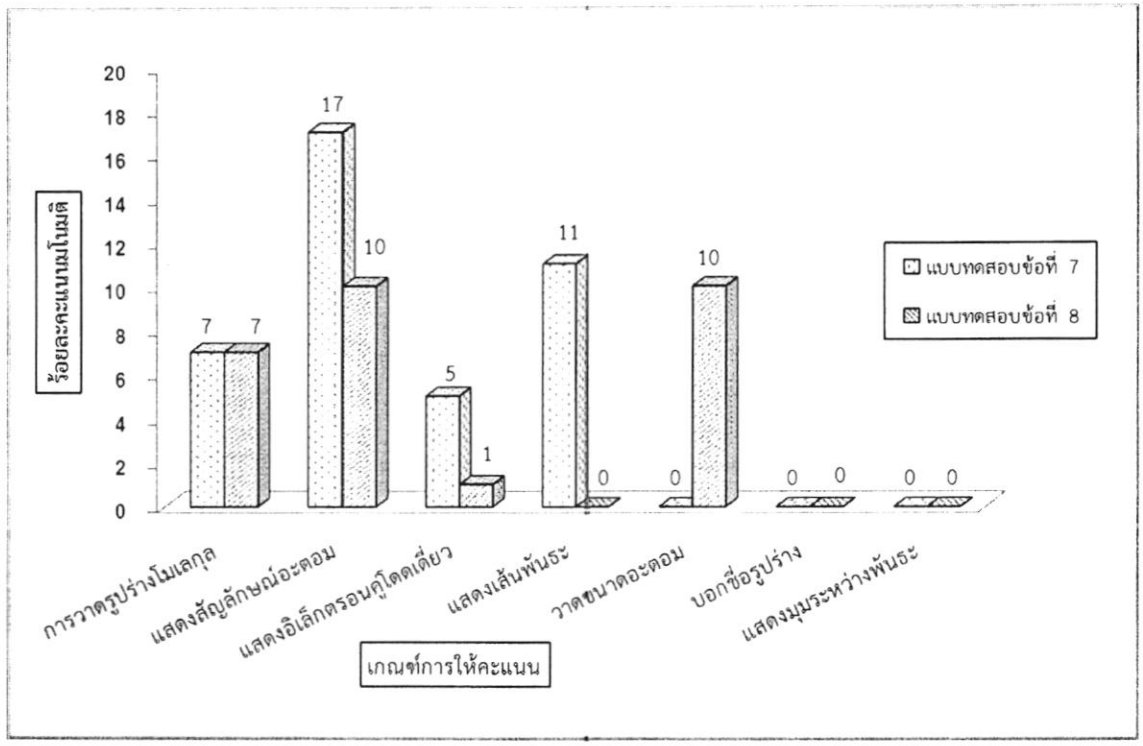
มโนมติก่อนเรียนที่ผิดมากที่สุดได้แก่วัตถุประสงค์ที่ 3 ในแบบทดสอบที่ 7 นักเรียนมีมโนมติที่ผิดเรื่องรูปร่างโมเลกุลของ $BeCl_2$ และ H_2O ได้รับอิทธิพลจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากอะตอมกลาง จากการสัมภาษณ์นักเรียนให้เหตุผลว่า ไม่ทราบว่าอะตอมกลางตัวใดในตัวเลือกทุกข้อที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว และไม่เข้าใจว่าอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางไปมีอิทธิพลต่อโมเลกุลอย่างไร แม้ว่าครูจะให้ตารางธาตุเป็นข้อมูลประกอบการทำแบบทดสอบ อีกทั้งมีนักเรียนบางคนให้เหตุผลว่าสารทั้งคู่เกิดจากธาตุอโลหะกับอโลหะ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) มี

นักเรียนบางส่วนที่เลือกคำตอบถูกต้อง H_2S และ NH_3 ได้รับอิทธิพลจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากอะตอมกลางแต่ไม่แสดงเส้นพันธะเดี่ยวในโครงสร้าง วาดรูปร่างโมเลกุล H_2S เป็นเส้นตรงและ NH_3 เป็นสามเหลี่ยมแบนราบ ดังภาพที่ 4.2ก ซึ่งที่ถูกต้องนักเรียนจะต้องแสดงเส้นพันธะเดี่ยวในโครงสร้างและวาดรูปร่างโมเลกุล H_2S เป็นมุมงอ และ NH_3 เป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม และในแบบทดสอบที่ 8 นักเรียนมีมโนมติที่ผิด เรื่องรูปร่างโมเลกุลของ H_2S และ NH_3 ไม่ได้รับอิทธิพลจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากอะตอมกลาง โดยให้เหตุผลว่าเมื่อนำสารทั้งสองมาจำแนกตามรูปของโมเลกุลแล้วไม่มีการใช้อะตอมจากอะตอมคู่โดดเดี่ยว มีนักเรียนบางส่วนเลือกคำตอบถูกต้อง $BeCl_2$ และ BF_3 ไม่ได้รับอิทธิพลจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากอะตอมกลางแต่วาดรูปร่างโมเลกุล BF_3เป็นตัวที ดังภาพที่ 4.2ข ซึ่งที่ถูกต้องนักเรียนจะต้องวาดรูปร่างโมเลกุลเป็นสามเหลี่ยมแบนราบ นอกจากนี้แบบทดสอบทั้ง 2 ข้อ นักเรียนส่วนมากไม่แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวและขนาดของอะตอม และนักเรียนทุกคนไม่แสดงมุมระหว่างพันธะและบอกชื่อรูปร่างโมเลกุลเลยเพราะจากการสัมภาษณ์นักเรียนส่วนมากไม่ทราบมุมระหว่างพันธะและชื่อรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์



ภาพที่ 4.2 มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (ก) แบบทดสอบข้อที่ 7 (ข) แบทดสอบข้อที่ 8

จากแบบทดสอบข้อที่ 7 และ 8 สามารถอธิบายรายละเอียดร้อยละคะแนนมโนมติก่อนเรียนในส่วนที่ 2 ตามเกณฑ์การให้คะแนนในภาพที่ 4.3

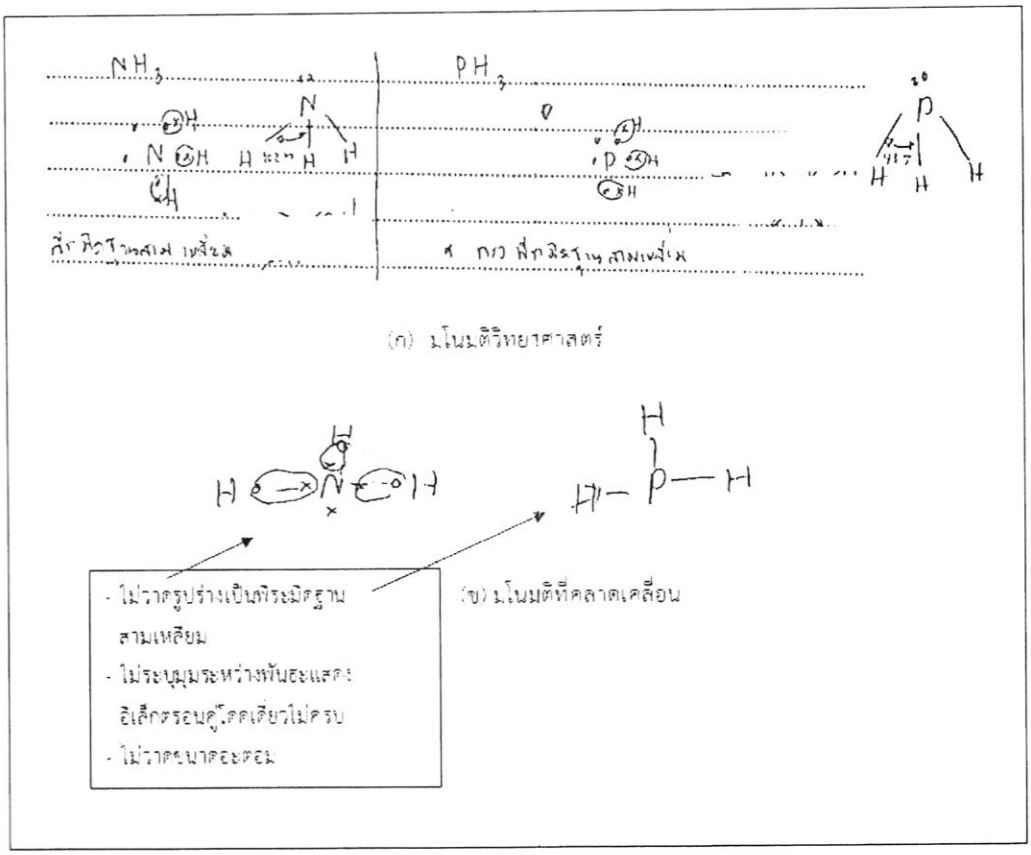


ภาพที่ 4.3 ร้อยละคะแนนมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบข้อที่ 7 และ 8

มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนได้คะแนนมากที่สุดร้อยละ 76.00 ในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 (แบบทดสอบข้อที่ 5 และ 6) และวัตถุประสงค์ข้อที่ 6 (แบบทดสอบข้อที่ 13) รองลงมา คือ ร้อยละ 73.50 ในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 (แบบทดสอบข้อที่ 1-4) สำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เรื่องการวาดโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยในส่วนที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่เลือกคำตอบได้ถูกต้องแตกต่างกันที่หลังเรียนนักเรียนให้เหตุผล ในส่วนที่ 2 ได้มากกว่าก่อนเรียน คือ นักเรียนสามารถวาดขนาดอะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบ และแสดงมุมระหว่างพันธะได้มากขึ้นจากที่ก่อนเรียนนักเรียนไม่แสดงเลย

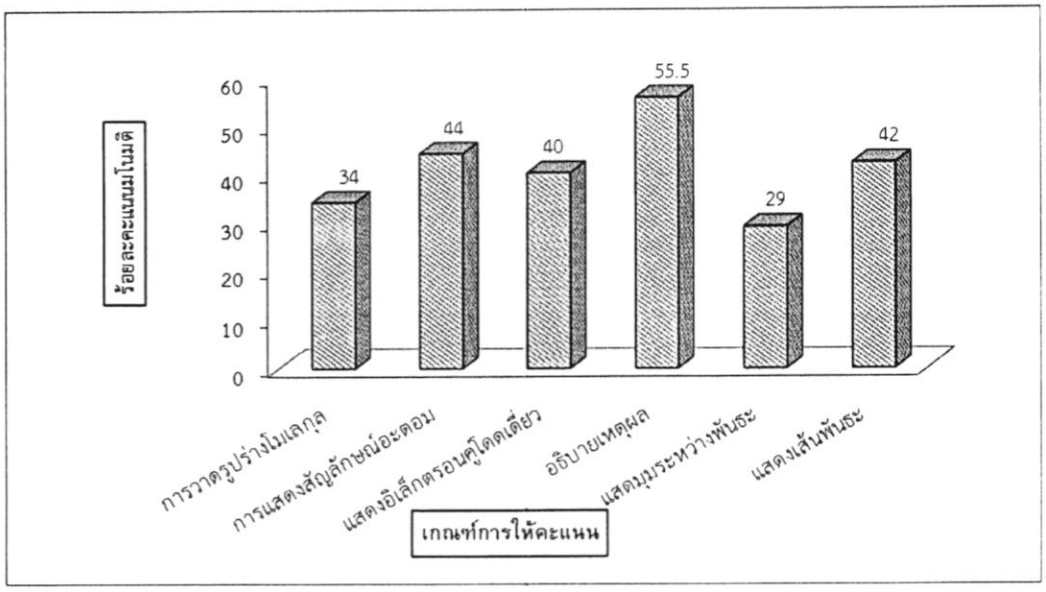
เนื้อหาที่หลังเรียนด้วยกลวิธี MORE ยังมีความเข้าใจผิดอยู่มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 22 คือวัตถุประสงค์ข้อที่ 7 ข้อที่ 14 โดยนักเรียนมีมโนมติที่ผิดว่า PH_3 มีมุมระหว่างพันธะมากกว่า NH_3 เพราะค่า EN ของ P สูงกว่า N ดังนั้น P จึงดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้อะตอมกลางมากกว่า N และนักเรียนบางส่วนให้เหตุที่ผิดว่าขนาดอะตอมของ P ใหญ่กว่า N ส่งผลต่อมุมระหว่างพันธะของ PH_3 มากกว่า NH_3 และมีนักเรียนบางส่วนที่เลือกคำตอบถูกต้อง NH_3 มีมุมระหว่าง

พันธะ มากกว่า PH_3 แต่วาดรูปร่างโมเลกุลของ NH_3 และ PH_3 เป็นตัวที แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวไม่ถูกต้อง และไม่แสดงขนาดมุมระหว่างพันธะ ดังภาพที่ 4.4ข ซึ่งที่ถูกต้องนักเรียนจะต้องวาดรูปร่างโมเลกุลเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลาง 1 คู่ ขนาดมุมระหว่างพันธะของ NH_3 เท่ากับ 107.3 องศา และ PH_3 เท่ากับ 93.7 องศา ดังภาพที่ 4.4ก



ภาพที่ 4.4 มโนมติของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 14

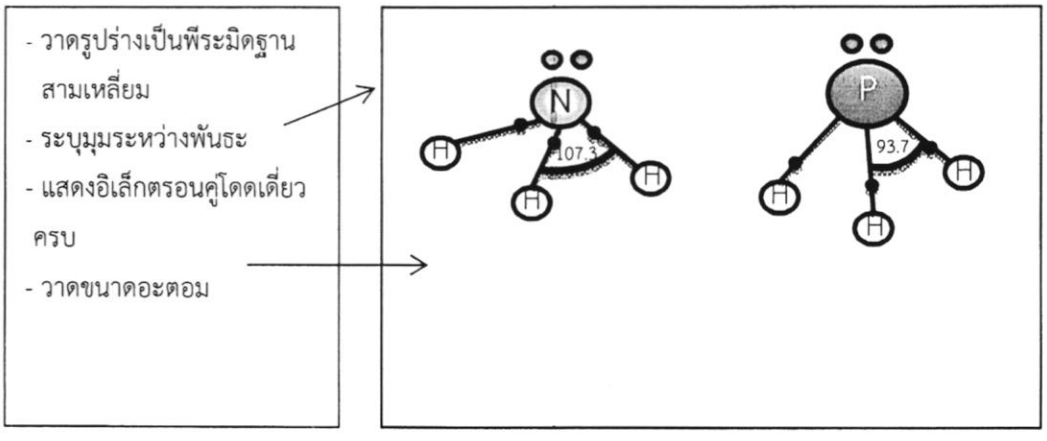
จากแบบทดสอบข้อที่ 14 สามารถอธิบายรายละเอียดร้อยละคะแนนมโนมติหลังเรียนในส่วนที่ 2 ตามเกณฑ์การให้คะแนนในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ร้อยละคะแนนมโนมติหลังเรียนของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน

ในแบบทดสอบข้อที่ 14 นักเรียนจะต้องวาดรูปร่างโมเลกุลเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลาง 1 คู่ ขนาดอะตอมของ P ใหญ่กว่า N อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ N มากกว่า P เพราะค่า EN ของ N สูงกว่า P ส่งผลให้ขนาดมุมระหว่างพันธะของ NH_3 มากกว่า PH_3 คือ 107.3 องศา และ 93.7 องศา ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.6

เหตุผลอธิบายว่า "มุมระหว่างพันธะของ NH_3 มากกว่า PH_3 เพราะในกรณีที่อะตอมที่ล้อมรอบเหมือนกันต่างกันที่อะตอมกลาง อะตอมกลางของ N มีค่า EN สูงกว่าอะตอมกลาง P จะส่งผลให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ N มากกว่า P จึงทำให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเกิดการต่อต้านอิทธิพลจากแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมากขนาดมุมระหว่างพันธะ NH_3 จึงกว้างกว่า PH_3"



ภาพที่ 4.6 มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 14

4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

ความก้าวหน้าทางการเรียน จะวิเคราะห์โดยวิธี normalized gain <g> ของ Hake (1998) โดยเลือกวิเคราะห์ใน 3 ประเด็น ดังนี้

4.2.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียน (class normalized gain)

จากคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน-หลังเรียน โดยใช้ข้อสอบแบบ 2-tier เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ มาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้วิธี normalized gain พบว่าในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายชั้นเรียนดังตารางที่ 4.3

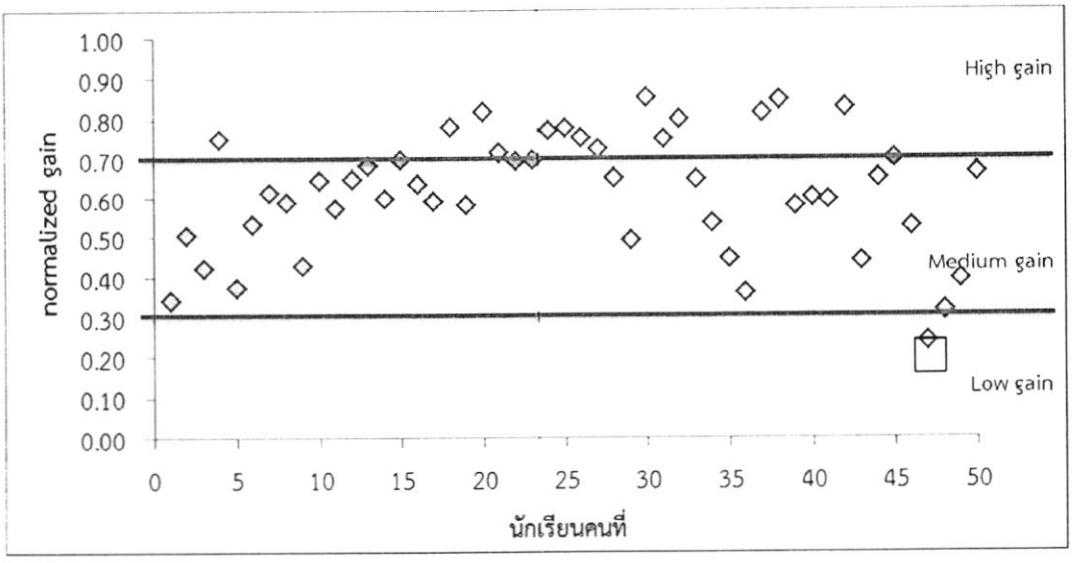
ตารางที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน

คะแนนเต็ม	pretest	posttest	<g>	แปลผล
45	9.19	31.28	0.62	medium gain

จากตารางที่ 4.3 พบว่าแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์มี <g>เท่ากับ 0.62 แสดงว่าชุดทดลองเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

4.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล (single student normalized gain)

เมื่อนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ส่วน มาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนแต่ละรายบุคคลได้ผลดังภาพที่ 4.7



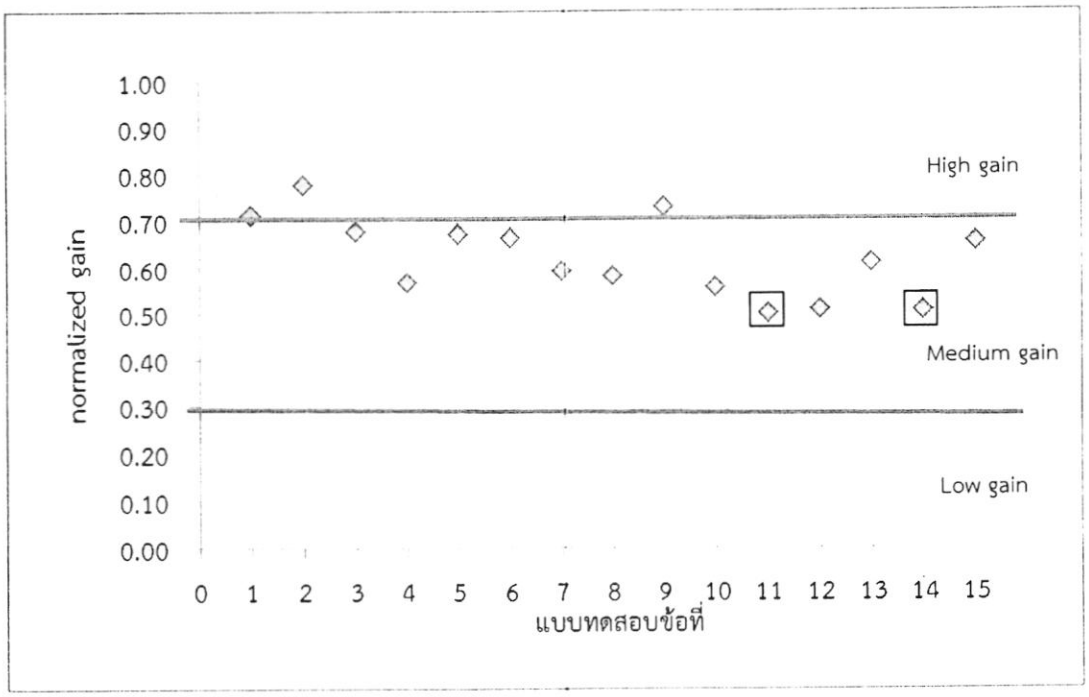
ภาพที่ 4.7 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 4.7 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน ระดับต่ำเพียงแค่ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2 เนื่องจากนักเรียนได้คะแนนก่อนเรียน 9.67 และหลังเรียนคะแนนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 18.13 มีค่า <g> เท่ากับ 0.24 ระดับกลาง 35 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และระดับสูง 14 คน คิดเป็นร้อยละ 28 โดยมีนักเรียน 2 คนที่มีค่า <g> สูงสุดเท่ากับ 0.85 เนื่องจากก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 6.33 และหลังเรียนคนที่ 1 ได้คะแนนเพิ่มขึ้นมากจากเดิมเป็น 39.23 และคนที่ 2 เท่ากับ 39.03 แสดงว่านักเรียนโดยส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับกลาง (medium gain)

4.2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อ (single test item normalized gain)

4.2.3.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

เมื่อนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์มาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ ได้ผลดังภาพดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อจากแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่ามีคำถามที่นักเรียนทำได้ในระดับกลาง 13 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 80 ระดับสูง 3 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 20 จากแบบทดสอบทั้งหมด 15 ข้อ แสดงว่านักเรียนทำคะแนนในแต่ละข้อโดยส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับกลาง (medium gain) ไม่มีข้อใดที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain) เลย แสดงว่าการเรียนด้วยเทคนิคแบบจำลอง

สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สามารถพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น แต่มีแบบทดสอบข้อที่ 11 และ 14 ที่มีคะแนนความก้าวหน้าน้อยที่สุดคือ 0.50 เมื่อเทียบกับแบบทดสอบข้ออื่นๆ ซึ่งอาจเกิดจากเหตุผลดังนี้

ข้อที่ 11 ความยาวพันธะระหว่างคาร์บอนของสารโมเลกุลโคเวเลนต์ใดที่ยาวที่สุด

ก. C_2H_6

ข. C_2H_4

ค. C_2H_2

เฉลยคำตอบ ก

ตัวเลือก	pre – test		% post – test	
	จำนวนคน	% pre – test	จำนวนคน	% post – test
ก	36	72	50	100
ข	2	4	0	0
ค	12	24	0	0

ภาพที่ 4.9 การเลือกคำตอบส่วนที่ 1 ของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 11

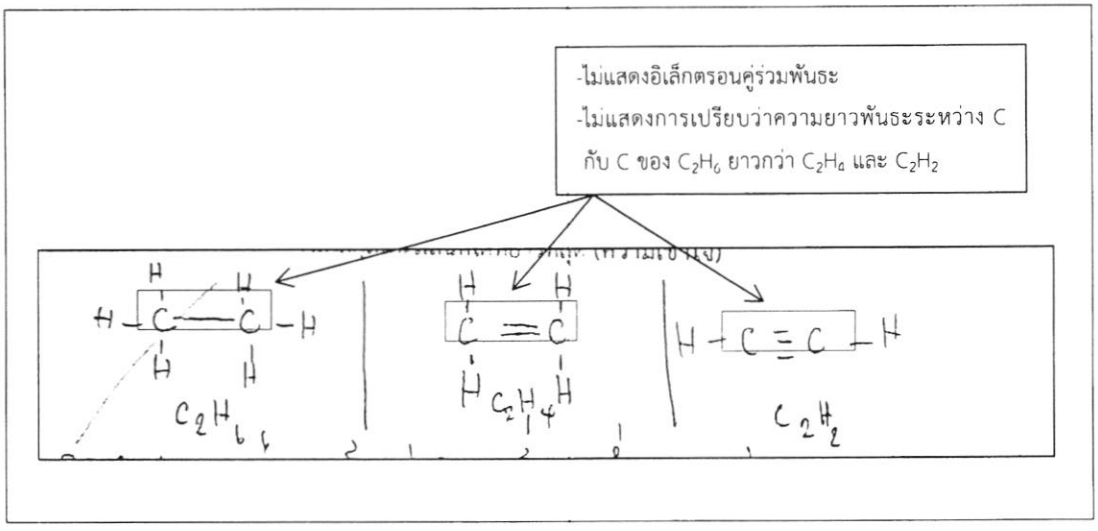
จากภาพที่ 4.9 ก่อนเรียนนักเรียนเลือกคำตอบมากที่สุด คือ ข้อ ก ร้อยละ 72 รองลงมาคือ ข้อ ค ร้อยละ 24 และข้อ ข ร้อยละ 4 ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ก่อนเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์ว่า C_2H_6 มีความยาวพันธะระหว่างคาร์บอนของสารโมเลกุลโคเวเลนต์ยาวที่สุด มีเพียงบางส่วนที่ตอบ C_2H_4 และ C_2H_2 เมื่อนักเรียนผ่านการเรียน เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แล้วนักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องทุกคน

ครูให้เกณฑ์การให้คะแนนในส่วนที่ 1 เลือกคำตอบถูกต้อง 1 คะแนน เลือกคำตอบผิด 0 คะแนน ในส่วนที่ 2 ให้เหตุผลสนับสนุนส่วนที่ 1 คะแนนเต็ม 2 มีเกณฑ์ดังนี้ นักเรียนสามารถวาดโครงสร้างอีเทน (C_2H_6) เปรียบเทียบความยาวระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะของคาร์บอนกับคาร์บอนกับอีทีน(C_2H_4) และอีไทน์ (C_2H_2) ถูกต้อง 1.5 คะแนน อธิบายเปรียบเทียบประกอบรูปภาพถูกต้อง 1.5 คะแนน แสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะถูกต้อง 1 คะแนน รวมทั้งสองส่วนเต็ม 3 คะแนน นำเกณฑ์ การให้คะแนนมาตรวจแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 11 ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและร้อยละคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 11 ของนักเรียนทั้งหมด

แบบทดสอบ	Teir1 (1 คะแนน) (100%)	Teir 2					รวม (3 คะแนน) (100%)
		วาดโครงสร้าง C_2H_6 เปรียบเทียบความยาวระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะของคาร์บอนกับคาร์บอนกับ C_2H_4 และ C_2H_2 (1.5 คะแนน) (100%)	อธิบายเปรียบเทียบประกอบรูปภาพ (1.5 คะแนน) (100%)	แสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (1 คะแนน) (100%)	คะแนนดิบ (4 คะแนน) (100%)	คะแนนเต็ม (2 คะแนน) (100%)	
Pre-test	0.72 (72.00%)	0.06 (4.00%)	0.07 (4.67%)	0.07 (7.00%)	0.20 (5.00%)	0.10 (5.00%)	0.82 (27.33%)
Post-test	1.00 (100.00%)	0.87 (58.00%)	0.62 (41.33%)	0.32 (32.00%)	1.81 (45.25%)	0.91 (45.50%)	1.91 (63.67%)

จากตารางที่ 4.4 ก่อนเรียนเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนทำแบบทดสอบข้อที่ 11 ตอบส่วนที่ 1 ถูกต้องร้อยละ 72.00 แต่ให้เหตุผลในส่วนที่ 2 ถูกต้องเพียงร้อยละ 5.00 เท่านั้น รวมทั้ง 2 ส่วนร้อยละ 27.33 เพราะในส่วนที่ 2 นักเรียนส่วนน้อยร้อยละ 4.00 เท่านั้นที่วาดโครงสร้าง C_2H_6 เปรียบเทียบความยาวระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะของคาร์บอนกับคาร์บอนกับ C_2H_4 และ C_2H_2 ร้อยละ 4.67 อธิบายเปรียบเทียบประกอบรูปภาพของ C_2H_6 ยาวกว่า C_2H_4 และ C_2H_2 และเพียงร้อยละ 7.00 ที่แสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของคาร์บอนกับคาร์บอน และคาร์บอนกับไฮโดรเจน หลังจากเรียนเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ร่วมกับกลวิธี MORE แล้วนักเรียนสามารถเลือกตอบส่วนที่ 1 ถูกต้องทุกคนร้อยละ 100.00 แต่ในส่วนที่ 2 นักเรียนยังคงให้เหตุผลได้ถูกต้องเพียงแค่ร้อยละ 45.25 เพราะในส่วนที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงไม่แสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะในโครงสร้าง ดังภาพที่ 4.10 และส่วนน้อยร้อยละ 41.33 ที่อธิบายเหตุผลการเปรียบเทียบประกอบรูปภาพของ C_2H_6 ยาวกว่า C_2H_4 และ C_2H_2 เพราะ C_2H_6 โครงสร้างภายในมีเพียงพันธะเดี่ยวจึงทำให้ C — C มีความยาวมากกว่า C═C ของ C_2H_4 และ C≡C ของ C_2H_2 ตามลำดับ แต่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดโครงสร้างเปรียบเทียบความยาวพันธะของ C_2H_6 ยาวกว่า C_2H_4 และ C_2H_2 ได้ร้อยละ 58.00 สูงจากเดิม ร้อยละ 52.00



ภาพที่ 4.10 แบบจำลองหลังเรียนของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 11

ข้อที่ 14 NH_3 และ PH_3 สารใดมีมุมระหว่างพันธะมากกว่า

ก. NH_3

ข. PH_3

เฉลยคำตอบ ก

ตัวเลือก	pre – test		post – test	
	จำนวนคน	% pre – test	จำนวนคน	% post – test
ก	15	30	36	72
ข	35	70	14	28

ภาพที่ 4.11 การเลือกคำตอบส่วนที่ 1 ของนักเรียนในแบบทดสอบข้อที่ 14

จากภาพที่ 4.11 ก่อนเรียนนักเรียนเลือกตอบ ข้อ ข มากที่สุดร้อยละ 70 หลังเรียนเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยเลือกคำตอบข้อ ก มากที่สุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 42 และนักเรียนเลือกคำตอบข้อ ข ลดลงร้อยละ 42

ครูให้เกณฑ์การให้คะแนนในส่วนที่ 1 เลือกคำตอบถูกต้อง 1 คะแนน เลือกคำตอบผิด 0 คะแนน ในส่วนที่ 2 ให้เหตุผลสนับสนุนส่วนที่ 1 คะแนนเต็ม 2 มีเกณฑ์ดังนี้ นักเรียนวาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง 2 คะแนน แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง 1 คะแนน อธิบายเหตุผลถูกต้อง 4 คะแนน ระบุมุมระหว่างพันธะถูกต้อง 1 คะแนน และแสดงเส้นพันธะถูกต้อง 1 คะแนน รวมทั้งสองส่วนเต็ม 3 คะแนน นำเกณฑ์การให้คะแนนมาตรวจแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 14 ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและร้อยละคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ข้อที่ 14 ของนักเรียนทั้งหมด

แบบทดสอบ	Teir1 (1 คะแนน) (100%)	Teir 2							รวม (3 คะแนน) (100%)
		วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุล (2 คะแนน) (100%)	แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (1 คะแนน) (100%)	แสดงสัญลักษณ์อะตอม (1 คะแนน) (100%)	อธิบายเหตุผล (4 คะแนน) (100%)	ระบุมุมระหว่างพันธะ (1 คะแนน) (100%)	แสดงเส้นพันธะ (1 คะแนน) (100%)	รวม (2 คะแนน) (100%)	
Pretest	0.30 (30.00%)	0.01 (0.50%)	0.03 (3.00%)	0.00 (0.00%)	0.00 (0.00%)	0.00 (0.00%)	0.02 (1.50%)	0.02 (0.08%)	0.32 (10.53%)
Posttest	0.78 (78.00%)	0.34 (34.00%)	0.22 (44.00%)	0.20 (40.00%)	1.11 (55.50%)	0.15 (29.00%)	0.21 (42.00%)	0.89 (44.50%)	1.67 (55.67%)

จากตารางที่ 4.5 ก่อนเรียนเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนทำแบบทดสอบข้อที่ 14 ตอบส่วนที่ 1 ถูกต้องร้อยละ 30.00 ส่วนที่ 2 ถูกต้องร้อยละ 0.08 รวมทั้ง 2 ส่วนได้เพียงร้อยละ 10.53 เพราะในส่วนที่ 2 นักเรียนส่วนน้อยร้อยละ 0.01 เท่านั้นที่วาดรูปร่างโมเลกุลได้ถูกต้อง ร้อยละ 0.03 นักเรียนแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางได้ถูกต้องและร้อยละ 0.02 แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง แต่เมื่อเรียนเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบายแล้ว นักเรียนพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์สูงขึ้น คือ นักเรียนเลือกตอบส่วนที่ 1 ถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 78.00 และให้เหตุผลส่วนที่ 2 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 44.50 รวมทั้ง 2 ส่วนนักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน ร้อยละ 55.67 โดยในส่วนที่ 2 นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ถูกต้องมากที่สุดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 55.50 แต่ที่น้อยที่สุดคือนักเรียนระบุมุมระหว่างพันธะได้ร้อยละ 29.00 เท่านั้น ดังภาพที่ 4.4ข

4.3 แบบประเมินพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

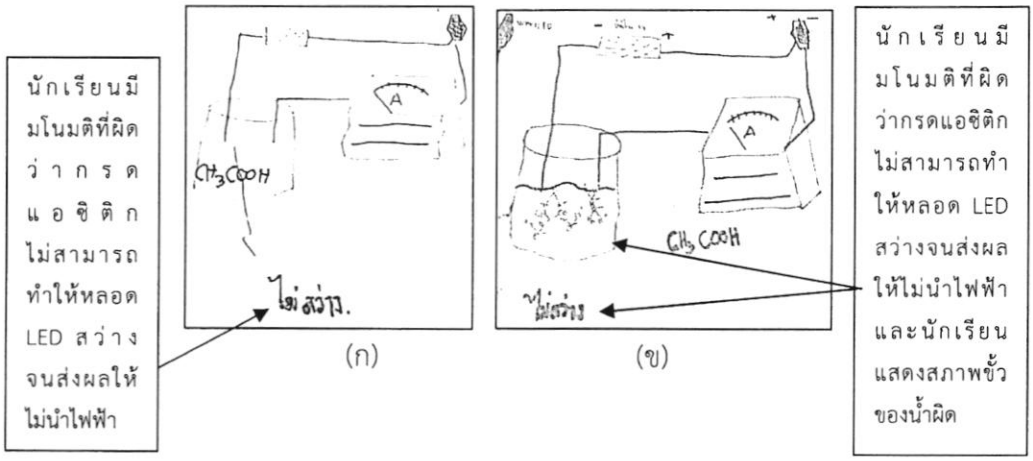
ก่อนและหลังดำเนินกิจกรรม เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมกุลโคเวเลนต์ ร่วมกับกลวิธี MORE นักเรียนจะต้องวาดแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเป็นรายกลุ่ม จำนวน 12 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน จากนักเรียนทั้งหมด 50 คน โดยในเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ นักเรียนวาดแบบจำลองเบื้องต้นการนำไฟฟ้าในระดับมหภาคของน้ำ (H_2O) กรดแอซิติก (CH_3COOH) และกรดเกลือ (HCl) ที่ต่อครบวงจรตามภาพที่ 3.4ก และในระดับโมเลกุล โดยครูให้คะแนนตามเกณฑ์ในตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันวาดแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 AsF_5 และ TeF_6 โดยครูให้คะแนนตามเกณฑ์ในตารางที่ 3.4

ผลการประเมินพฤติกรรมกลุ่ม การจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น ในระดับมหภาคและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุล เรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าร้อยละแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์

แบบจำลอง	คะแนนร้อยละเฉลี่ยการนำไฟฟ้า				SD	t-value
	H_2O	HCl	CH_3COOH	$\overline{X}$		
เบื้องต้น	100.00	100.00	83.33	**94.44**	**9.62**	-1.66
ปรับปรุงแล้ว	91.67	88.83	86.17	**88.89**	**2.75**	
การเปลี่ยนแปลง	-8.33	-11.17	2.83			

จากตารางที่ 4.6 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังเรียน เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย ต่ำกว่าแบบจำลองเบื้องต้นก่อนเรียนโดยภาพรวม ค่าร้อยละเฉลี่ยของแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเท่ากับ 88.89 (ระดับดี) ต่ำกว่าค่าร้อยละเฉลี่ยของแบบจำลองเบื้องต้นเท่ากับ 94.44 (ระดับดี) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t-value = -1.66) และค่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงสุดคือแบบจำลองของ CH_3COOH เท่ากับร้อยละ 2.83 เนื่องจากก่อนเรียนนักเรียนวาดแบบจำลองเบื้องต้นในระดับมหภาคได้น้อยสุดเท่ากับร้อยละ 83.33 (ระดับดี) ดังภาพที่ 4.12ก เมื่อเทียบกับแบบจำลองเบื้องต้นของ H_2O และ HCl เท่ากับร้อยละ 100 (ระดับดี) หลังจากนักเรียนเรียนเรื่อง การนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ แล้วนักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของ CH_3COOH ให้กลายเป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุลได้เท่ากับร้อยละ 86.89 (ระดับดี) ดังภาพที่ 4.12ข แต่เมื่อเทียบกับคะแนนร้อยละแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของ H_2O และ HCl เท่ากับ 91.67 (ระดับดี) และ 88.83 (ระดับดี) ตามลำดับแล้วยังคงน้อยกว่าแสดงว่านักเรียนสามารถอธิบายและวาดแบบจำลองในระดับโมเลกุลของ H_2O และ HCl ได้ดีกว่า CH_3COOH แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงของ H_2O และ HCl มีค่าลดลงกว่าเดิมเท่ากับ -8.33 และ -11.17 ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนวาดแบบจำลองและอธิบายการนำไฟฟ้าของ H_2O และ HCl ในระดับโมเลกุลได้ไม่สมบูรณ์ตามเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 3.3 แต่นักเรียนสามารถอธิบายและวาดแบบจำลองได้ดีในระดับมหภาค



ภาพที่ 4.12 แบบจำลองการนำไฟฟ้าของกรดแอซิติก (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

จากตารางที่ 4.6 สามารถแจกแจงรายละเอียดพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 พฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์

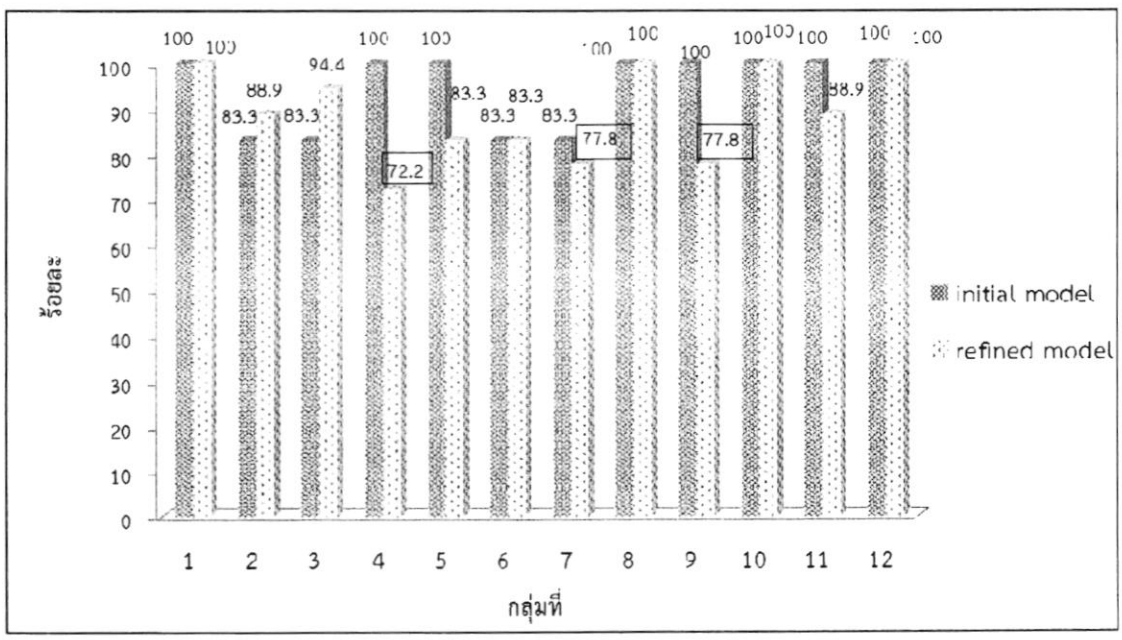
กลุ่มที่	พฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลอง											
	H_2O (6 คะแนน)		HCl (6 คะแนน)		CH_3COOH (6 คะแนน)		รวมคะแนนดิบ (18 คะแนน)		ร้อยละ		ระดับพฤติกรรม	
	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว
1	6	6	6	6	6	6	18	18	100.00	100.00	ดี	ดี
2	6	6	6	5	3	5	15	16	83.30	88.90	ดี	ดี
3	6	6	6	6	3	5	15	17	83.30	94.40	ดี	ดี
4	6	5	6	5	6	3	18	13	100.00	72.20	ดี	พอใช้
5	6	5	6	5	6	5	18	15	100.00	83.30	ดี	ดี
6	6	5	6	5	3	5	15	15	83.30	83.30	ดี	ดี
7	6	5	6	4	3	5	15	14	83.30	77.80	ดี	พอใช้
8	6	6	6	6	6	6	18	18	100.00	100.00	ดี	ดี
9	6	4	6	5	6	5	18	14	100.00	77.80	ดี	พอใช้
10	6	6	6	6	6	6	18	18	100.00	100.00	ดี	ดี
11	6	6	6	5	6	5	18	16	100.00	88.90	ดี	ดี

ตารางที่ 4.7 พฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้น และแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ (ต่อ)

กลุ่มที่	พฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลอง											
	H_2O (6 คะแนน)		HCl (6 คะแนน)		CH_3COOH (6 คะแนน)		รวมคะแนนดิบ (18 คะแนน)		ร้อยละ		ระดับพฤติกรรม	
	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว
12	6	6	6	6	6	6	18	18	100.00	100.00	ดี	ดี
$\overline{X}$	6.00	5.50	6.00	5.33	5.00	5.17	17.00	16.00	94.43	88.88	ดี	ดี
ร้อยละ	100.00	91.67	100.00	88.83	83.33	86.17	94.43	88.88				
SD	0.00	0.67	0.00	0.65	1.48	0.83	1.48	1.81				
ระดับพฤติกรรม	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี				

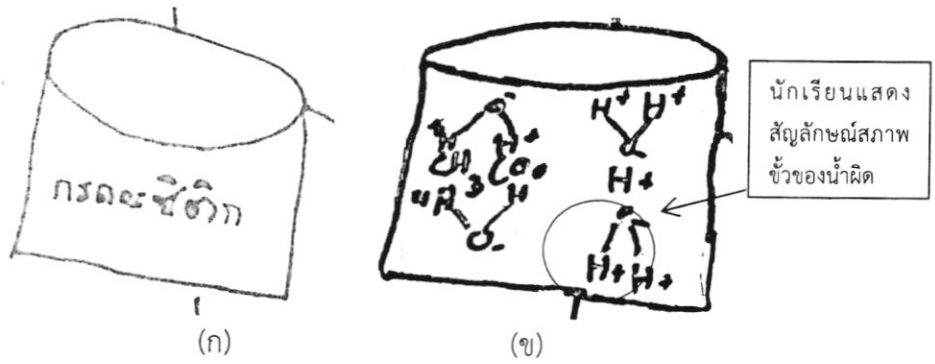
จากตารางที่ 4.7 นักเรียนมีพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นในระดับมหภาคโดยเฉลี่ยร้อยละ 94.43 อยู่ในระดับดี แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่า HCl และ CH_3COOH นำไฟฟ้าได้ เมื่อต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าถ่านไฟฉาย 3 V แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า จนทำให้หลอด LED เปล่งแสงออกมา และน้ำที่บริสุทธิ์จะไม่นำไฟฟ้าแต่น้ำทั่วไปนำไฟฟ้าได้มากน้อยแตกต่างกัน ดังนั้นนักเรียนสามารถตอบได้ว่าน้ำสามารถนำไฟฟ้าจนหลอด LED เปล่งแสงออกมา หรือไม่นำไฟฟ้าก็ได้ จากผลพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นพบว่า CH_3COOH มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 5.00 เมื่อเทียบกับ HCl และ H_2O เท่ากับ 6.00 เนื่องจากนักเรียนในกลุ่มที่ 2 3 6 และ 7 ระบุว่ากรดแอซิติกไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ ส่งผลให้หลอด LED ไม่เปล่งแสง แต่นักเรียนสามารถวาดแบบจำลองการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมของถ่านไฟฉาย LED แอมมิเตอร์ และกรดแอซิติกได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.12ก

จากตารางที่ 4.7 นักเรียนมีพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุลโดยเฉลี่ยร้อยละ 88.88 อยู่ในระดับดี แสดงว่านักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลองการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ในระดับโมเลกุลได้ แต่นักเรียนในกลุ่มที่ 4 7 และ 9 อยู่ในระดับพอใช้ มีคะแนนพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเท่ากับร้อยละ 72.20, 77.80 และ77.80 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.13

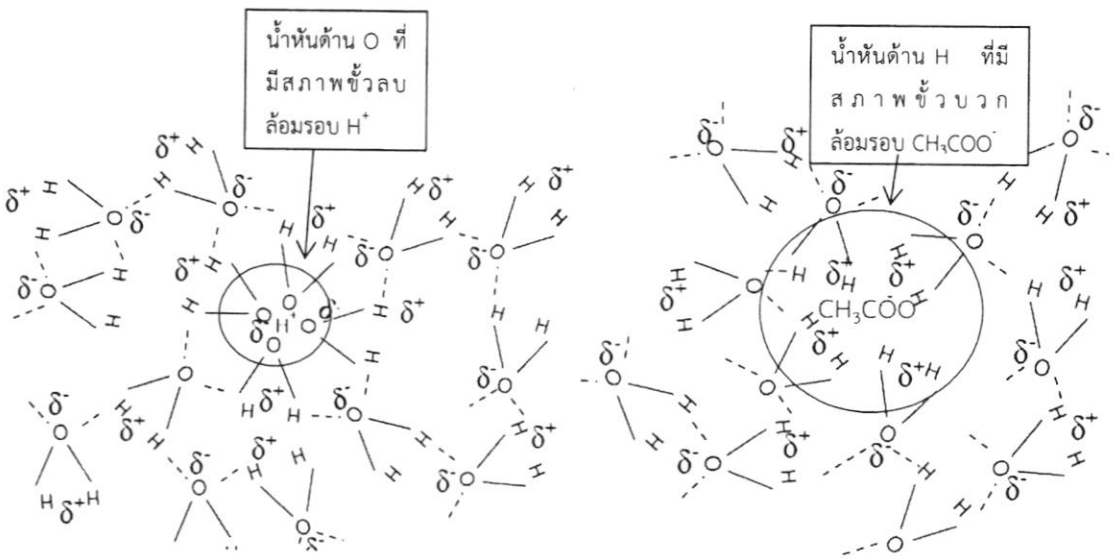


ภาพที่ 4.13 ร้อยละพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์

เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเหล่านี้วาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุลของ CH_3COOH คลาดเคลื่อน โดยหลังจากที่นักเรียนทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์แล้วนักเรียนสรุปผลหลังการทดลองว่ากรดแอซิติกไม่มีการแตกตัวแยกจากกันเลย ส่งผลให้ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้และหลอด LED ไม่เปล่งแสงสว่าง อีกทั้งเครื่องแอมมิเตอร์ไม่มีค่ากระแสไฟฟ้า แต่เมื่อนักเรียนนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎีทางเคมีนักเรียนพบว่ากรดแอซิติกสามารถนำไฟฟ้าได้โดยสารสามารถแตกตัวเป็นไอออนของ CH_3COO^- และ H^+ แต่นักเรียนยังคงเขียนแสดงสภาพขั้วของน้ำที่มาล้อมรอบ CH_3COO^- และ H^+ ไม่ถูกต้องดังภาพที่ 4.14ข ที่ถูกต้องนักเรียนจะต้องวาดแบบจำลองน้ำล้อมรอบไอออนทั้งสองโดยน้ำจะหันด้านออกซิเจนที่มีสภาพขั้วลบเข้าหา H^+ และหันด้านไฮโดรเจนที่มีสภาพขั้วบวกเข้าหา CH_3COO^- ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.14 แบบจำลองของนักเรียนในการทดสอบการนำไฟฟ้ากรดแอซิติก
(ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว



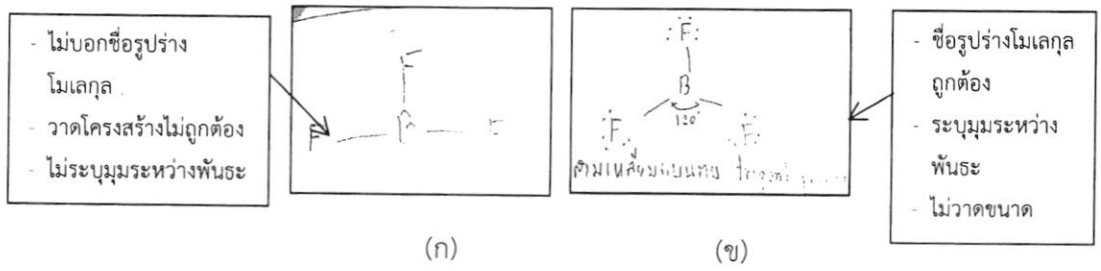
ภาพที่ 4.15 แบบจำลองในการทดสอบการนำไฟฟ้ากรดแอซิติกที่ถูกต้อง

ผลการประเมินพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าร้อยละแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

แบบจำลอง	คะแนนร้อยละเฉลี่ยโมเลกุลโคเวเลนต์							$\bar{X}$	SD	t-value
	$BeCl_2$	H_2S	BF_3	PH_3	CH_4	AsF_5	TeF_6			
เบื้องต้น	46.67	43.33	42.50	39.17	45.00	46.67	50.83	**44.88**	3.71	11.12
ปรับปรุงแล้ว	85.00	80.83	85.00	80.83	85.00	84.17	85.00	**83.69**	1.98	
การเปลี่ยนแปลง	38.33	37.50	**42.50**	41.66	40.00	37.50	**34.17**			

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังเรียนเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สูงกว่าแบบจำลองเบื้องต้นจากก่อนเรียนทุกโมเลกุลโดยภาพรวม ค่าร้อยละเฉลี่ยของแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเท่ากับ 83.69 (ระดับดี) สูงกว่าค่าร้อยละเฉลี่ยของแบบจำลองเบื้องต้นเท่ากับ 44.88 (ระดับควรปรับปรุง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ รุ่งนภา จันทร์แรม (2554) ที่พบว่าหลังจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างผงฟูกับน้ำส้มสายชู โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แล้วนักเรียนนำผลการทดลองในขั้นสังเกตมาปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนอธิบายเพียงแค่ในระดับมหภาคเท่านั้นกลายเป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วที่นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค จากตารางข้างต้นค่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดคือแบบจำลองของ BF_3 เท่ากับร้อยละ 42.50 เนื่องจากก่อนเรียนนักเรียนวาดแบบจำลองเบื้องต้นอยู่ในระดับควรปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 42.50 เนื่องจากนักเรียนทั้ง 12 กลุ่ม โดยเฉพาะในกลุ่มที่ 6 นักเรียนมีค่าร้อยละต่ำสุดเท่ากับ 20 เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถบอกชื่อรูปร่างโมเลกุล วาดโครงสร้างไม่ถูกต้อง และไม่ระบุมุมระหว่างพันธะเลย ดังภาพที่ 4.16a แต่หลังจากเรียน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แล้วนักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นให้กลายเป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับดีได้ดังภาพที่ 4.16b และค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดคือ แบบจำลองของ TeF_6 มีค่าร้อยละ 34.17 เนื่องจากนักเรียนสามารถวาดแบบจำลองเบื้องต้นก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้มีค่าร้อยละ 50.83 และหลังเรียนนักเรียนวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วมีค่าร้อยละ 85 จึงทำให้แบบจำลองของ TeF_6 มีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโมเลกุลโคเวเลนต์อื่น ๆ



ภาพที่ 4.16 แบบจำลองของ BF_3 (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

จากตารางที่ 4.8 สามารถแจกแจงรายละเอียดพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 พฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คะแนนเต็มทุกข้อคือ 10 คะแนน

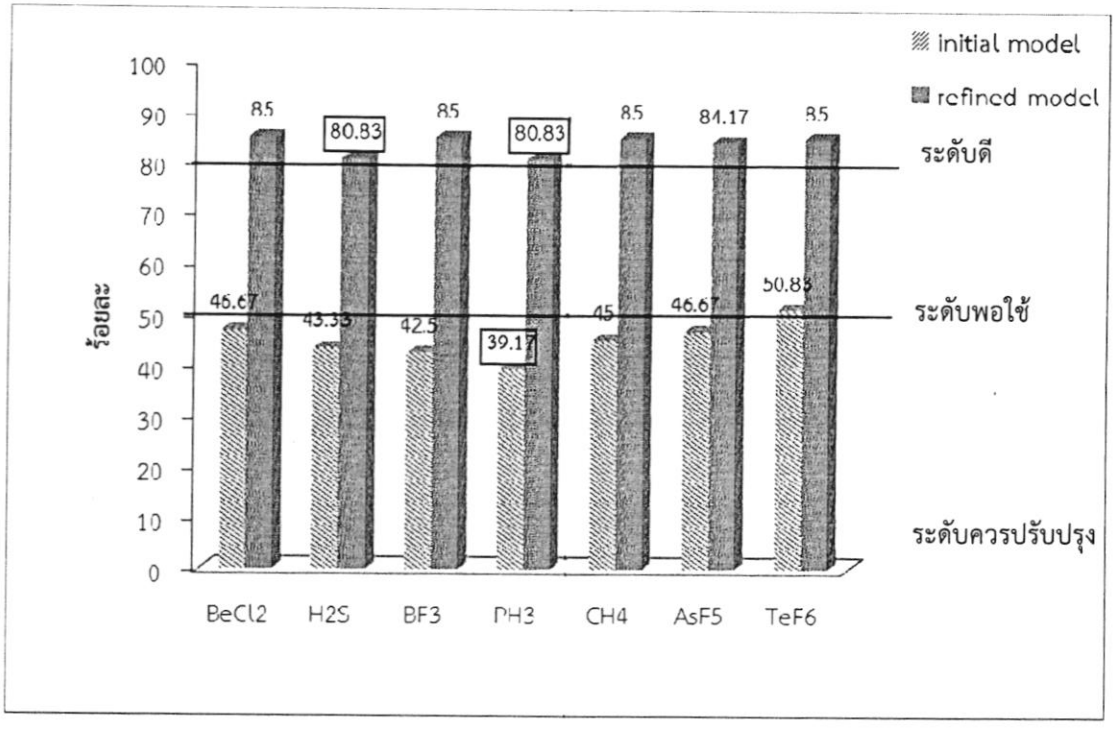
กลุ่มที่	พฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลอง													
	$BeCl_2$		H_2S		BF_3		PH_3		CH_4		AsF_5		TeF_6	
	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว
1	5.00	9.00	4.00	10.00	4.00	9.00	3.00	10.00	4.00	10.00	5.00	10.00	5.00	9.00
2	3.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00	3.00	9.00	3.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00
3	3.00	9.00	6.00	9.00	5.00	9.00	3.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00
4	3.00	9.00	5.00	8.00	5.00	9.00	3.00	8.00	3.00	9.00	4.00	8.00	5.00	9.00
5	5.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00	4.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00
6	4.00	9.00	4.00	9.00	2.00	9.00	3.00	9.00	3.00	8.00	4.00	9.00	4.00	9.00
7	5.00	9.00	6.00	9.00	3.00	9.00	3.00	9.00	4.00	8.00	5.00	9.00	5.00	9.00
8	5.00	9.00	1.00	7.00	4.00	8.00	6.00	6.00	6.00	9.00	4.00	7.00	6.00	7.00
9	5.00	6.00	4.00	5.00	3.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00	3.00	6.00	5.00	6.00
10	6.00	7.00	1.00	7.00	4.00	9.00	3.00	7.00	7.00	9.00	5.00	9.00	5.00	9.00
11	5.00	8.00	5.00	6.00	4.00	8.00	4.00	6.00	5.00	8.00	5.00	8.00	5.00	8.00

ตารางที่ 4.9 พฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คะแนนเต็มทุกข้อคือ 10 คะแนน (ต่อ)

กลุ่มที่	พฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลอง													
	$BeCl_2$		H_2S		BF_3		PH_3		CH_4		AsF_5		TeF_6	
	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว	เบื้องต้น	ปรับปรุงแล้ว
12	7.00	9.00	6.00	9.00	7.00	8.00	6.00	9.00	5.00	8.00	6.00	8.00	6.00	9.00
$\overline{X}$	4.67	8.50	4.33	8.08	4.25	8.50	3.92	8.08	4.50	8.50	4.67	8.42	5.08	8.50
ร้อยละ	46.67	85.00	43.33	80.83	42.50	85.00	39.17	80.83	45.00	85.00	46.67	84.17	50.83	85.00
SD	1.23	1.00	1.72	1.51	1.29	0.90	1.24	1.44	1.24	1.00	0.78	1.08	0.51	1.00
ระดับพฤติกรรม	ควรปรับปรุง	ดี	ควรปรับปรุง	ดี	ควรปรับปรุง	ดี	ควรปรับปรุง	ดี	ควรปรับปรุง	ดี	ควรปรับปรุง	ดี	พอ ใช้	ดี

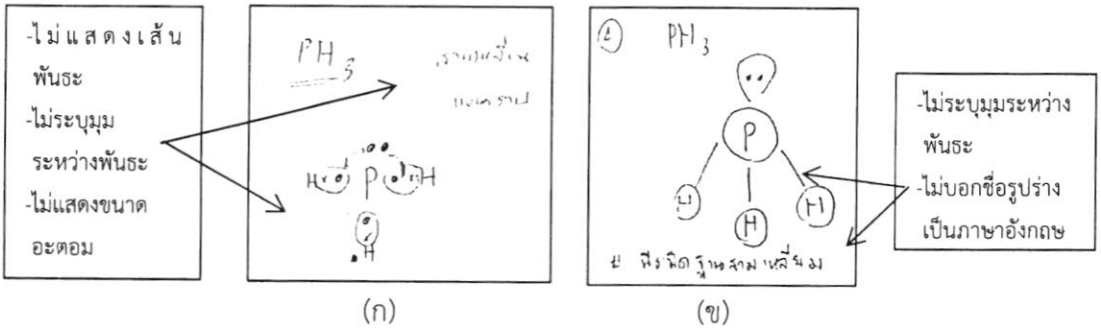
จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 นักเรียนมีพฤติกรรมการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นของ TeF_6 เฉลี่ยคะแนนสูงสุดร้อยละ 50.83 อยู่ในระดับพอใช้ แต่แบบจำลองเบื้องต้นของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 และ AsF_5 เฉลี่ยคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 50.00 ส่งผลให้อยู่ในระดับพฤติกรรมควรปรับปรุง โดยนักเรียนให้สัมภาษณ์ว่าไม่ทราบว่าโมเลกุลโคเวเลนต์เหล่านี้มีรูปร่างโมกุลอย่างไร ไม่ทราบชื่อรูปร่างโมเลกุล และไม่ทราบว่าอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางมีผลอย่างไรต่อรูปร่างโมเลกุล เมื่อนักเรียนได้ผ่านการใช้แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยการใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย และหลังจากที่นักเรียนได้ใช้แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย ในการต่อโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์แล้วนักเรียนสามารถปรับปรุงพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองใหม่ให้อยู่ในระดับดีหมดทุกโมเลกุลโดยนักเรียนสามารถวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของ $BeCl_2$ BF_3 CH_4 และ TeF_6 ได้ดีที่สุดเฉลี่ยคะแนนร้อยละ 85.00 รองลงมาคือ AsF_5 84.17 H_2S และ PH_3 80.83 ตามลำดับ

ผลจากการตรวจสอบแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วตามเกณฑ์การตรวจในตารางที่ 3.4 สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 4.17



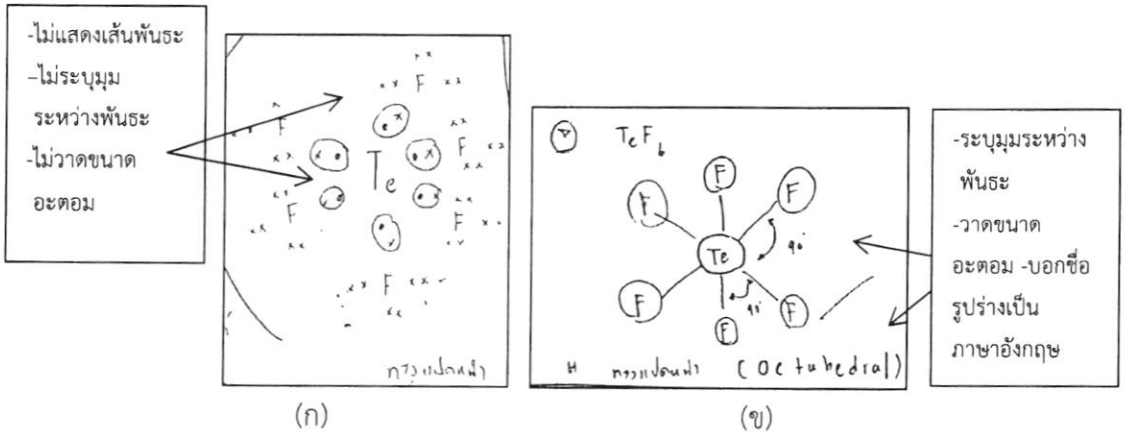
ภาพที่ 4.17 ร้อยละพฤติกรรมกลุ่มการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

จากภาพที่ 4.17 นักเรียนโดยส่วนใหญ่ต้องปรับปรุงการวาดแบบจำลองเบื้องต้นของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 และ AsF_5 เพราะนักเรียนไม่แสดงเส้นพันธะระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ ไม่ระบุมุมระหว่างพันธะ และไม่แสดงขนาดของอะตอม โดยเฉพาะแบบจำลองของ PH_3 ดังภาพที่ 4.18ก นักเรียนอยู่ในคะแนนต่ำที่สุดร้อยละ 39.17 เช่นเดียวกับ Kuathan et al. (2011) พบมโนมติที่ผิดของนักเรียนในเรื่อง รูปร่างโมเลกุลของไดคลอรีนมอนอออกไซด์ (Cl_2O) ถึงแม้ว่าครูให้นักเรียนใช้แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย ด้วยเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แล้วยังพบว่าแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของ PH_3 ยังคงได้คะแนนน้อยที่สุดร้อยละ 80.83 ดังภาพที่ 4.18ข เท่ากับโมเลกุล H_2S



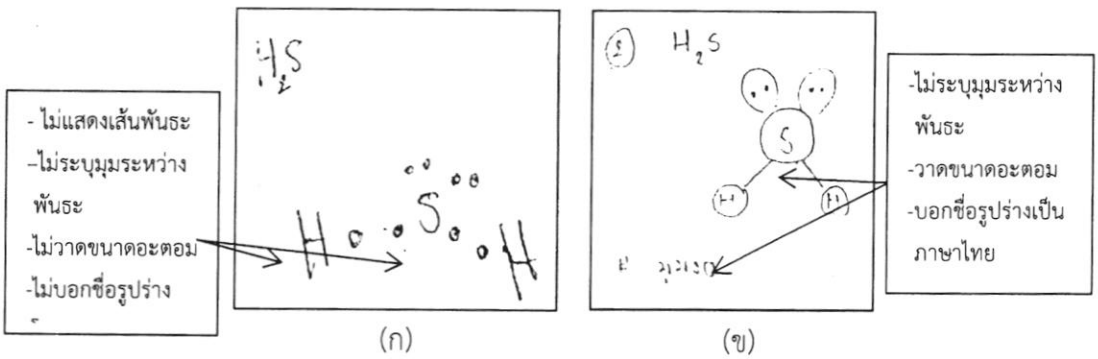
ภาพที่ 4.18 แบบจำลองของ PH_3 (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

แบบจำลองเบื้องต้นของ TeF_6 เป็นโมเลกุลเดียวที่นักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ คือ ร้อยละ 50.83 โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุชื่อรูปร่างโมเลกุลเป็นทรงแปดหน้า แต่ไม่สามารถระบุชื่อภาษาอังกฤษ Octahedral ได้ ไม่ระบุมุมระหว่างพันธะเท่ากับ 90 องศา นักเรียนบางส่วนไม่แสดงเส้นพันธะ ไม่วาดขนาดอะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบ แต่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.19ก หลังจากนักเรียนได้ร่วมกิจกรรมแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายแล้วนักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองโมเลกุล TeF_6 โดยสามารถระบุชื่อรูปร่างโมเลกุลทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้ถูกต้อง วาดรูปร่างโมเลกุลได้ใกล้เคียง วาดขนาดอะตอมกลางใหญ่กว่าอะตอมที่ล้อมรอบได้ แสดงสัญลักษณ์อะตอมและแสดงเส้นพันธะที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะได้ถูกต้อง และระบุมุมระหว่างพันธะได้ถูกต้องแต่นักเรียนบางส่วนไม่ระบุอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของ F ดังภาพที่ 4.19ข



ภาพที่ 4.19 แบบจำลองของ TeF_6 (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของ H_2S อยู่ในระดับดี แต่มีค่าน้อยสุดเช่นกันกับ PH_3 คือ ร้อยละ 80.83 เนื่องจากนักเรียนบางส่วนไม่ระบุมุมระหว่างพันธะว่าน้อยกว่า 180 องศา ดังภาพที่ 4.20ข



ภาพที่ 4.20 แบบจำลองของ H_2S (ก) แบบจำลองเบื้องต้น (ข) แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว

โดยภาพรวมแบบจำลองเบื้องต้น เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ นักเรียนมีพฤติกรรมกลุ่มอยู่ในระดับดีหมดทุกกลุ่ม แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าสารโคเวเลนต์ ได้แก่ น้ำ กรดเกลือ และกรดแอซิติกสามารถนำไฟฟ้าได้มีเพียงกลุ่ม 2, 3, 6 และ 7 เท่านั้นที่บอกว่ากรดแอซิตติกไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ เมื่อนักเรียนใช้ชุดทดลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ด้วยเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย แล้วทำให้นักเรียนวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วในระดับโมเลกุลโดยรวมอยู่ในระดับดี มีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่มีพฤติกรรมการจัดกระทำการนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วอยู่ในระดับพอใช้

นักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ให้สูงขึ้นมาอยู่ในระดับดีทุกโมเลกุลจากแบบจำลองเบื้องต้นที่อยู่ในระดับควรปรับปรุงและระดับพอใช้ แสดงว่า

แบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยเทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สามารถทำให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองให้ดีขึ้นได้ทุกโมเลกุล

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1.1 มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อ

ผลการสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายข้อของนักเรียนที่เรียนเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ ชนิด 2 tier พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 2.09 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 0.61

5.1.2 มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนรายวัตถุประสงค์

ผลการสำรวจมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายวัตถุประสงค์ของนักเรียนที่เรียนเรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ ชนิด 2 tier พบว่าร้อยละมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 59.44 สูงกว่าก่อนเรียน 1.44 ทุกวัตถุประสงค์ และร้อยละมโนมติที่ผิดหลังเรียนเท่ากับ 7.31 ลดลงจากก่อนเรียน 53.06 ทุกวัตถุประสงค์

5.1.3 คะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายชั้นเรียน

ผลการศึกษาคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายชั้นเรียนที่เรียนเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ ชนิด 2 tier พบว่าคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 31.28 สูงกว่าก่อนเรียนเท่ากับ9.19 มีความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียนเท่ากับ 0.62 อยู่ในระดับปานกลาง

5.1.4 คะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายบุคคล

ผลการศึกษาคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายบุคคลที่เรียนเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ ชนิด 2 tier พบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 50 คน ส่วนใหญ่ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 70 อยู่ในระดับปานกลาง

5.1.5 คะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายข้อ

ผลการศึกษาคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบรายข้อที่เรียนเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ชนิด 2 tier จำนวน 15 ข้อ พบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อ ส่วนใหญ่ 13 ข้อคิดเป็นร้อยละ 80 นักเรียนทำได้ในระดับปานกลาง

5.1.6 แบบจำลองเบื้องต้นก่อนเรียนและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังเรียน

พฤติกรรมการจัดการกระทำข้อมูลการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วพบว่านักเรียนสามารถวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วอยู่ในระดับดีหมด โดยในเรื่องสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ มีคะแนนร้อยละแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเท่ากับ 88.89 ต่ำกว่าแบบจำลองเบื้องต้นเท่ากับ 94.44 และเรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คะแนนร้อยละแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเท่ากับ 83.69 สูงกว่าแบบจำลองเบื้องต้นเท่ากับ 44.88 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับอธิบาย

5.2.1.1 การวาดแบบจำลองเบื้องต้นก่อนขั้นตอนแบบจำลองและการวาดแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วหลังขั้นตอนอธิบายของนักเรียนนั้นครูควรชี้แจงให้นักเรียนทราบว่าในการวาดแบบจำลองทั้งสองนักเรียนจะต้องวาดโครงสร้างแบบจุด และแบบเส้น

5.2.1.2 ในการวาดแบบจำลองเบื้องต้น แบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว และกิจกรรมในใบงานจุดประกายความคิดการทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ครูควรให้นักเรียนสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์เพิ่มเติมจากเดิม เช่น แบบตัวที แบบกระดานหก และแบบสี่เหลี่ยมแบนราบเป็นต้น เพื่อนักเรียนจะได้ทราบรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้มากขึ้นและมองเห็นแบบจำลองในรูปแบบสามมิติมากขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

5.2.1.3 ในการทดลองสมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบสารโคเวเลนต์ที่แตกต่างกันบ้าง เหมือนกันบ้างบางกลุ่มเพื่อนักเรียนจะได้เรียนรู้จากกลุ่มเพื่อนว่าสารโคเวเลนต์นอกจากกลุ่มที่ตนเองทดสอบแล้วยังมีสารใดอีกบ้างเป็นการเปิดกว้างให้นักเรียนได้เรียนรู้

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ในส่วนที่ 2 ของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ครูควรระบุให้ชัดเจนว่าให้นักเรียนเขียนโครงสร้างโมเลกุลประกอบ คำบรรยายเพื่อคำตอบที่สมบูรณ์ที่สุด

5.2.2.2 ในการต่อวงจรชุดทดลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์ ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเรื่องสารอิเล็กโทรไลต์ สารประกอบไอออนิก กรด-เบส และเคมีไฟฟ้า เป็นต้น เนื่องจากเนื้อหาเหล่านี้เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการนำไฟฟ้าทางเคมีทั้งสิ้น

5.2.2.3 ในการใช้เทคนิคแบบจำลอง สังเกต สะท้อนกลับ อธิบาย สามารถวิเคราะห์ตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคงทนในการเรียนรู้ และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กนิษฐา ธรรมขันธ์. **รายงานผลการใช้เอกสารประกอบการเรียน Robot Learning By Doing รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และคู่มือสร้างหุ่นยนต์จากวัสดุเหลือใช้เพื่อพัมนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว33101 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. สตูล: โรงเรียนละงูพิทยาคม, 2550.

กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. "แบบจำลองอะตอมโมเลกุลทางเลือกสำหรับการสอนเรื่องทฤษฎีแรงผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 5(2): 209-213; 11 สิงหาคม, 2557.

จรรยา ไกรสน, จินตนา จิตจำนง และประสงค์ สีหานาม. "ผลของการใช้แบบจำลองรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์", **วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.** 9: 433-439; 12-13 กันยายน, 2557.

ชาญณรงค์ พูลเพิ่ม. "แบบจำลองโมเลกุลหลอด", **นิตยสาร สสวท**. 40(178): 20-22; กรกฎาคม-สิงหาคม, 2555.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. "แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในรายวิชาเคมี", **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 19(2): 11-28; พฤษภาคม-มิถุนายน, 2551.

โชติมาพร ไชยสิทธิ. "ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21: สอนอย่างไรให้เกิดผลกับผู้เรียน", **วารสารบทความทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 นิสิตปริญญาเอก สาขาหลักสูตรและการสอน รุ่น 5**", 5(1):21-26; มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2557.

ทิศนา แขมมณี. **รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

เปรมศักดิ์ สิมมาเคน. **การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแบบจำลองเชิงกายภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. **การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง หน้าที่ยีนโดยใช้กรอบการตีความหมายมิติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

รัตนา พันสนิท. **การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการสอนแบบ การทำนาย-สังเกต-การอธิบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

รุ่งนภา จันทร์แรม. **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องอัตราปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 บนพื้นฐานของทฤษฎี สืบเสาะหาความรู้โดยวิธี Model-Observe-Reflect-Explain (MORE)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2554.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. **CONSTRUCTIVISM.** กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2556.

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. "การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ", **วารสารวิจัย มข**. 1(1): 35-57; เมษายน-มิถุนายน, 2554.

สายทิพย์ ณ เวียงจันทร์ และกานดา ว่องไวลิขิต. "การสร้างแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่ายสำหรับการสอนเรื่อง รูปร่างโมเลกุล เพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ นนทบุรี", ใน **การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 53 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. น.313-320. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558.

Carillo, L., Lee, C., and Rickey, D. "Enhancing science teaching by doing more: A framework to guide chemistry students' thinking in the laboratory", **The Science Teacher.** 72(7): 60; Winter, 2005.

Hake, R. R. "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses", **American journal of Physics.** 66(1): 64-74; October, 1998.

Harrison, A. G., and Treagust, D. F. "Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry", **Science education**. 80(5): 509-534; September, 1996.

Kuathan, N., Faikhamta, C., and Sanguanruang, S. "The Secondary Students' Mental Models of Chemical Bonding", **Songklanakarin J. of Social Sciences & Humanities**. 17(2): 299-314; March-April, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Lawson, A. E., and Thompson, L. D. "Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection", **Journal of Research in Science Teaching**. 25(9): 733-746; December, 1988.

Mattox, A.C., Reisner, B.A. and Rickey, D. "What Happens When Chemical Compounds Are Added to Water? An Introduction to the Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) Thinking Frame", **Journal of Chemical Education.** 83(4): 622-624; April, 2006.

Naah, B. M., and Sanger, M. J. "Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water", **Chemistry Education Research and Practice**. 13(3): 186-194; February, 2012.

Peterson, R.F., and Treagust, D.F. "Grade-12 students' misconceptiom of covalent bonding and structure", **Journal of Chemical Education**. 66(6): 459-460; July, 1989.

Romey, W. D. "An evaluation of some 'differences' between anorthosite in massifs and in layered complexes", **Lithos**. 1(3): 230-241; September, 1968.

Sanders, M. "Erroneous ideas about respiration. The teacher factor", **Journal of research in science teaching**. 30(8): 919-934; Spring, 1993.

Slavin, R. E. "Ability grouping in secondary schools. A response to Hallinan", **Review of Educational Research**. 60(3): 505-507; August; 1990.

Tein, L.T., Teichert, M.A. and Rickey, D. "Effectiveness of a MORE Laboratory Module in Promoting Students to Revise Their Molecular-Level Ideas about Solutions", **Chemical Education Research**. 84(1): 175-181; January, 2007.

Tien, L.T.; Rickey, D. and Stacy, A. M. "The MORE Thinking Frame: Guiding Students' Thinking in the Laboratory", **Journal of College Science Teaching**. 28(5): 318-324; March-April, 1999.

University of Colorado Boulder. "simulations category chemistry", **PhET INTERACTIVE SIMULATION.** https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/chemistry. 10 May, 2015.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ที่	ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	นางสาวอรดี ฤทธิชัย	ครูชำนาญการ	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี
2	นายสมพล หอยสกุล	ครูชำนาญการ	โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม
3	นางปวีณา ทรงเดชะ	ครูชำนาญการ	โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์

วัตถุประสงค์ข้อที่	แบบทดสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	1	+1	+1	+1	1.00
	2	+1	+1	+1	1.00
	3	+1	+1	+1	1.00
	4	+1	+1	+1	1.00
2	5	+1	0	+1	0.67
	6	+1	+1	+1	1.00
3	7	+1	+1	+1	1.00
	8	+1	+1	+1	1.00
4	9	+1	+1	+1	1.00
	10	+1	+1	+1	1.00
5	11	+1	+1	+1	1.00
	12	+1	+1	+1	1.00
6	13	+1	+1	+1	1.00
7	14	0	+1	+1	0.67
8	15	+1	+1	+1	1.00

จากตารางที่ ก.2 ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ได้ให้คะแนนความคิดเห็นแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลคือคะแนนทุกแบบทดสอบมากกว่า .50 ตรงตามวัตถุประสงค์ทุกแบบทดสอบ

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ชื่อ.....ชั้น ม.4/.....เลขที่.....

แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

<u>คำชี้แจง</u> แบบทดสอบจำนวน 15 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่ใช้ประกอบการตอบในส่วนที่ 1

.....

1. สารโคเวเลนต์ใดต่อไปนี้สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งหมด **(ความเข้าใจ)**

ก. น้ำบริสุทธิ์ น้ำเชื่อม

ข. แกรไฟต์ เพชร

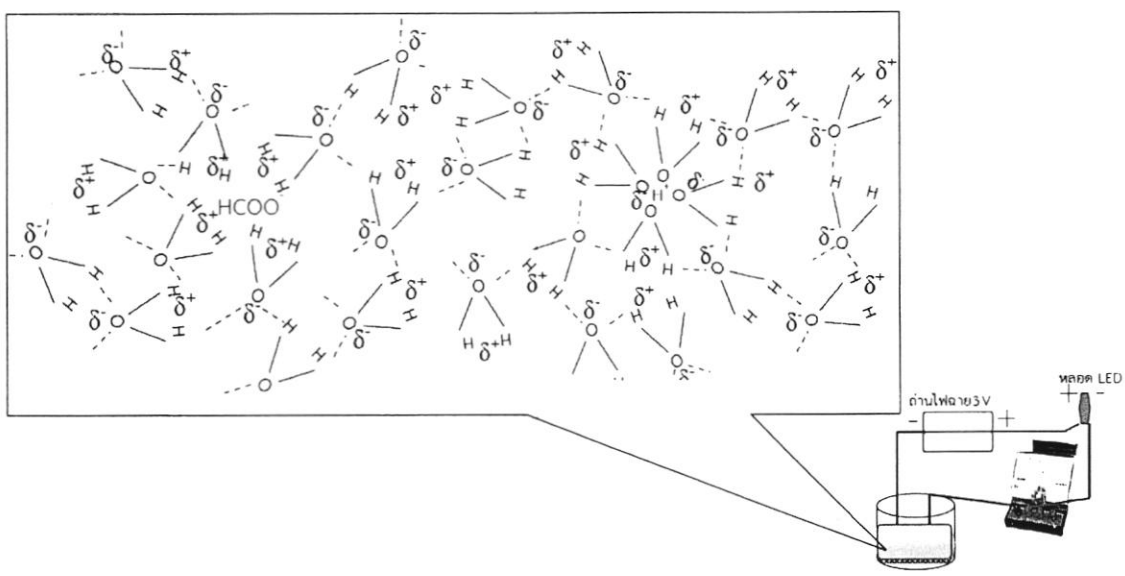
ค. น้ำบริสุทธิ์ น้ำส้มสายชู

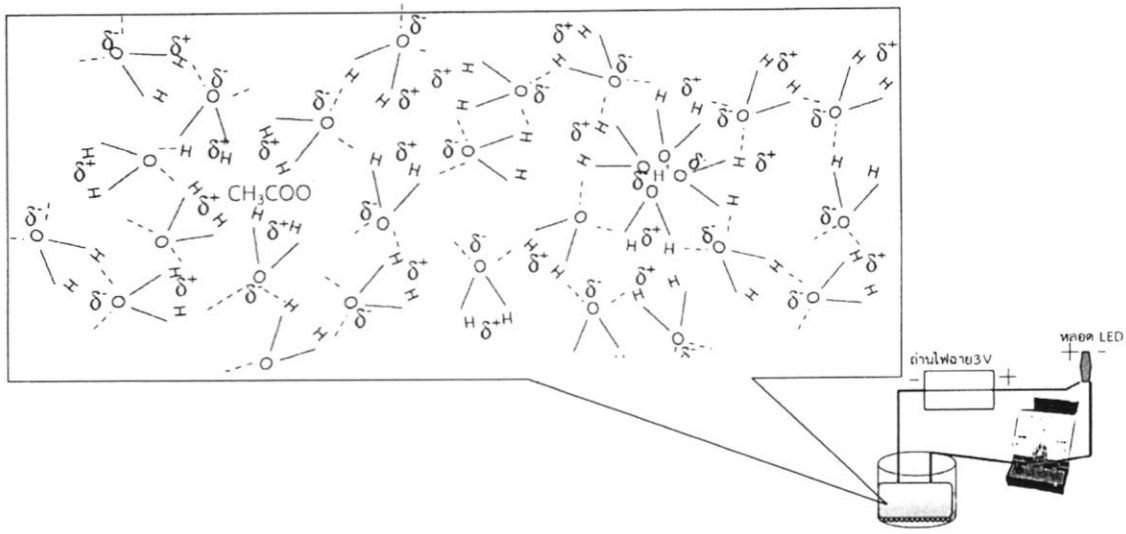
ง. กรดมด น้ำส้มสายชู

จ. แกรไฟต์ น้ำเชื่อม

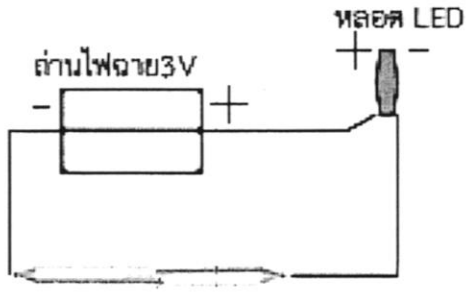
เฉลย ง

เหตุผล กรดมดและน้ำส้มสายชูเป็นสารโคเวเลนต์ที่ละลายในน้ำแล้วสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ดังต่อไปนี้ กรดมด ($HCOOH$) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็น H^+ และ $HCOO^-$ และ น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็น H^+ และ CH_3COO^- โดยมีโมเลกุลน้ำเข้าไปล้อมรอบไอออนเหล่านี้ดังภาพต่อไปนี้





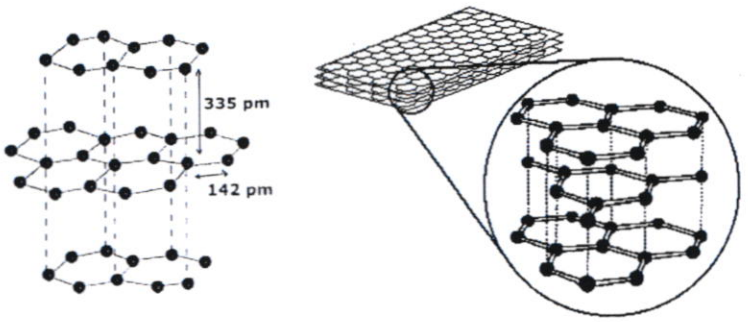
2. เกิดอะไรขึ้นหากนำไส้ดินสอต่อกับขาหลอด LED ทั้งสองข้างต่อเข้ากับถ่านไฟฉาย 3 V โดยนำขาที่สั้นต่อเข้ากับขั้วลบและขายาวต่อเข้ากับขั้วบวกดังรูป **(ความเข้าใจ)**



ก. หลอด LED สว่าง

ข. หลอด LED ไม่สว่าง **เฉลย ก**

เหตุผล ไส้ดินสอมีแกรไฟต์เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งแกรไฟต์เป็นสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างภายในเป็นโครงร่างตาข่ายที่มีธาตุ C เป็นองค์ประกอบ อะตอม C จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นวง วงละ 6 อะตอมต่อเนื่องกันอยู่ภายในระนาบเดียวกัน C ในโครงผลึกของแกรไฟต์มี 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมสร้างพันธะกับคาร์บอนข้างเคียง 3 อะตอม จึงเหลืออีก 1 อิเล็กตรอนอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในชั้นดังภาพด้านล่าง ทำให้ไส้ดินสอนำไฟฟ้าจนทำให้หลอด LED สว่าง

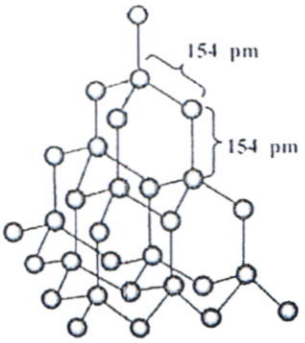


3. จากข้อที่ 2 หากเปลี่ยนจากแกรไฟต์เป็นเพชรจะเกิดอะไรขึ้น **(การประเมินค่า)**

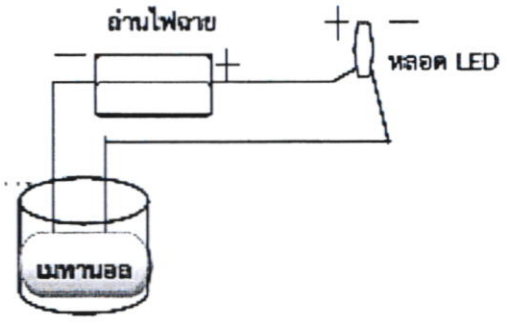
ก. หลอด LED สว่าง

ข. หลอด LED ไม่สว่าง **เฉลย ข**

เหตุผล เพชรเป็นอัญรูปหนึ่งของคาร์บอนและเป็นผลึกร่างตาข่าย โครงสร้างของเพชรประกอบด้วยอะตอมของ C ซึ่ง C แต่ละอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอม C ดังภาพด้านล่าง ในโครงสร้างของเพชรไม่มีอิเล็กตรอนเหลือเลยจึงทำให้เพชรไม่นำไฟฟ้า ส่งผลให้หลอด LED ไม่สว่าง



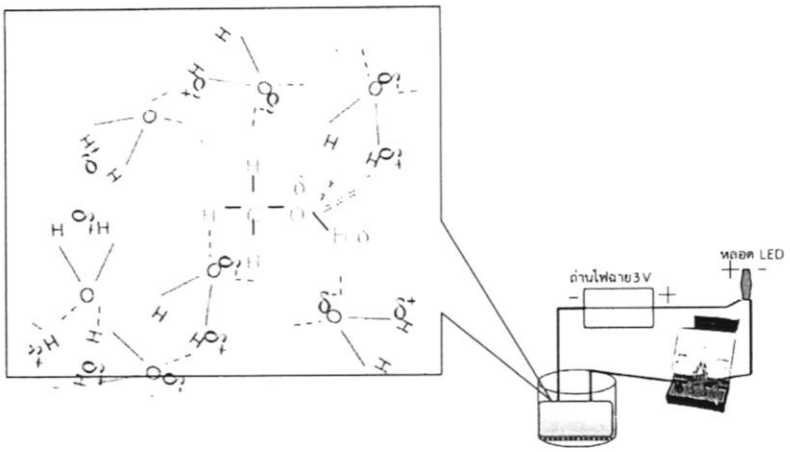
4. หากนักเรียนนำถ่านไฟฉาย 2 ก้อนๆละ 1.5 V ต่อเข้ากับหลอด LED และพ่วงต่อกับสารละลายเมทานอล (CH_3OH) ในบีกเกอร์ทำหน้าที่เป็นสวิสต์ปิด-เปิด ดังรูปด้านล่างจะเกิดอะไรขึ้น **(การประเมินค่า)**



ก. หลอด LED สว่าง

ข. หลอด LED ไม่สว่าง **เฉลย ข**

เหตุผล เมทานอล (CH_3OH)เป็นสารโคเวเลนต์ที่ไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้จึงไม่นำไฟฟ้าดังภาพต่อไปนี้



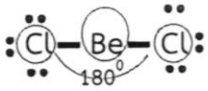
5. $BeCl_2$ H_2S และ BF_3 มีรูปร่างโมเลกุลแบบใดตามลำดับ **(ความเข้าใจ)**

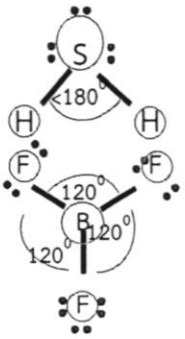
ก. เส้นตรง เส้นตรง พิระมิดฐานสามเหลี่ยม

ข. เส้นตรง มุมงอ พิระมิดฐานสามเหลี่ยม

ค. เส้นตรง มุมงอ สามเหลี่ยมแบนราบ

ง. มุมงอ เส้นตรง สามเหลี่ยมแบนราบ **เฉลย ค**

เหตุผล  มีรูปร่างแบบเส้นตรง (linear)

 มีรูปร่างแบบมุมงอ (V-shape)

มีรูปร่างแบบสามเหลี่ยมแบนราบ (trigonal planar)

6. CCl_4, PCl_5 และ SF_6 มีรูปร่างโมเลกุลแบบใดตามลำดับ **(ความเข้าใจ)**

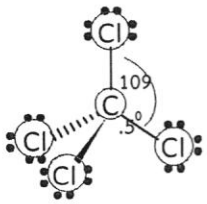
ก. ทรงสี่หน้า ทรงแปดหน้า พิระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม

ข. ทรงสี่หน้า พิระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม ทรงแปดหน้า

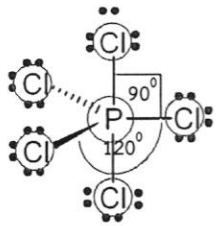
ค. พิระมิดคู่ฐานสี่เหลี่ยม ทรงสี่หน้า ทรงแปดหน้า

ง. พิระมิดคู่ฐานสี่เหลี่ยม ทรงสี่หน้า พิระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม **เฉลย ข**

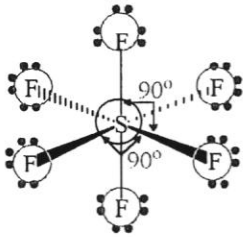
เหตุผล



มีรูปร่างแบบทรงสี่หน้า (Tetrahedral)



มีรูปร่างแบบพิระมิดฐานสามเหลี่ยม (Trigonal bipyramidal)



มีรูปร่างแบบทรงแปดหน้า (Octahedral)

7. สารโคเวเลนต์ใดได้รับอิทธิพลจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางทั้งหมด **(ความเข้าใจ)**

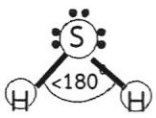
ก. $BeCl_2$ BF_3

ข. H_2O $BeCl_2$

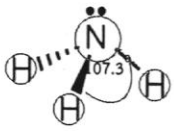
ค. BF_3 H_2O

ง. H_2S NH_3 **เฉลย ง**

เหตุผล



มีรูปร่างแบบมุมงอ (V-shape)



มีรูปร่างแบบพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Triganalpyramidal)

8. จากข้อที่ 7 สารโคเวเลนต์ใดไม่ได้รับอิทธิพลจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางทั้งหมด **(ความเข้าใจ)**

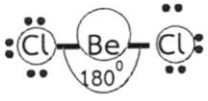
ก. $BeCl_2$ BF_3

ข. H_2O $BeCl_2$

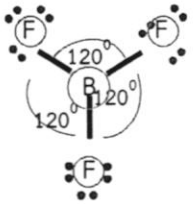
ค. BF_3 H_2O

ง. H_2S NH_3 **เฉลย ก**

เหตุผล



มีรูปร่างแบบเส้นตรง (linear)



มีรูปร่างแบบสามเหลี่ยมแบนราบ (trigonal planar)

9. แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการเผาไหม้ป่า มีมากในบรรยากาศเป็นแก๊สเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน แก๊สชนิดนี้คือแก๊สใดและมีรูปร่างโมเลกุลแบบใด **(วิเคราะห์)**

ก. SO_2 มีรูปร่างแบบมุมงอ

ข. NO_2 มีรูปร่างแบบมุมงอ

ค. CO_2 มีรูปร่างแบบเส้นตรง

ง. CH_4 มีรูปร่างแบบทรงสี่หน้า **เฉลย ค**

เหตุผล CO_2 เป็นแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการเผาไหม้ป่า มีมากในบรรยากาศเป็นแก๊สเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน มีรูปร่างโมเลกุลแบบเส้นตรงดังภาพ

10. แก๊สที่เกิดจากวัวผายลมออกสู่ชั้นบรรยากาศ การเกิดจากการแยกแก๊สเชื้อเพลิง ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อนคือ แก๊สใดและมีรูปร่างโมเลกุลแบบใด **(วิเคราะห์)**

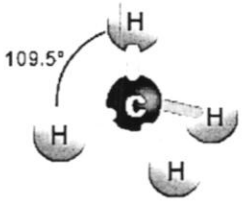
ก. SO_2 มีรูปร่างแบบมุมงอ

ข. NO_2 มีรูปร่างแบบมุมงอ

ค. CO_2 มีรูปร่างแบบเส้นตรง

ง. CH_4 มีรูปร่างแบบทรงสี่หน้า **เฉลย ง**

เหตุผล CH_4 เป็นแก๊สที่เกิดจากวัวผายลมออกสู่ชั้นบรรยากาศ เกิดจากการแยกแก๊สเชื้อเพลิง ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน มีรูปร่างโมเลกุลแบบทรงสี่หน้าดังภาพ



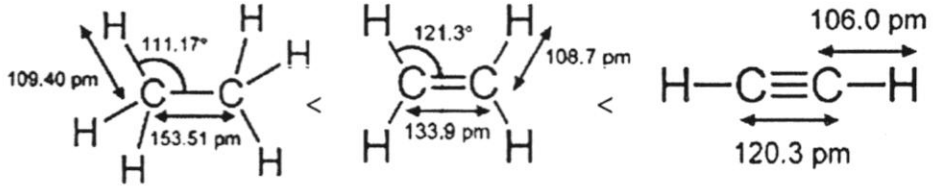
11. ความยาวพันธะระหว่างคาร์บอนของสารโมเลกุลโคเวเลนต์ใดที่ยาวที่สุด **(ความเข้าใจ)**

ก. C_2H_6

ข. C_2H_4

ค. C_2H_2 **เฉลย ก**

เหตุผล C_2H_6 หรืออีเทนเป็นสารจำพวกแอลเคนมีความยาวระหว่างพันธะ C-C ยาวกว่า C=C ของสารจำพวกแอลคีนและ C≡C ของสารจำพวกแอลไคน์ ดังภาพ



12. พันธะระหว่างคาร์บอนของสารโมเลกุลโคเวเลนต์ใดที่แข็งแรงที่สุด **(ความเข้าใจ)**

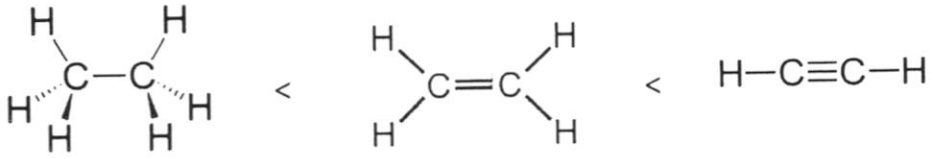
ก. C_2H_6

ข. C_2H_4

ค. C_2H_2 **เฉลย ค**

เหตุผล ความแข็งแรงของพันธะระหว่างคาร์บอนของ C_2H_6 C_2H_4 C_2H_2 ใช้พลังงานพันธะบอกให้ทราบโดยพันธะเคมีที่ต้องใช้พลังงานสลายสูงกว่า จะมีความแข็งแรงของพันธะมากกว่าพันธะเคมีที่

ต้องใช้พลังงานสลายต่ำกว่า นั่นคือ พันธะระหว่างคาร์บอนคู่เดียวกัน ความแข็งแรงของพันธะเดี่ยว (C_2H_6) < พันธะคู่ (C_2H_4) < พันธะสาม (C_2H_2) ดังภาพ



C_2H_6 C_2H_4 C_2H_2

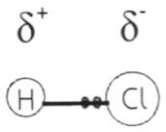
13. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของ HCl จะมีลักษณะแบบใด **(วิเคราะห์)**

ก. H : Cl

ข. H: Cl

ค. H :Cl **เฉลย ค**

เหตุผล ค่า EN ของ Cl สูงกว่า H จึงส่งผลให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ Cl มากกว่า H ดังภาพ

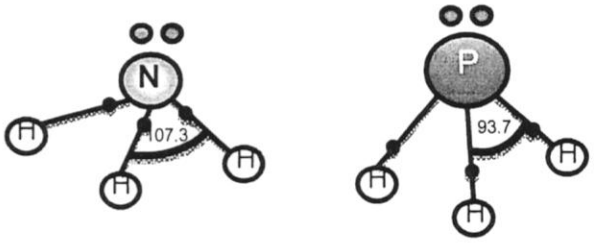


14. NH_3 และ PH_3 สารใดมีมุมระหว่างพันธะมากกว่า **(วิเคราะห์)**

ก. NH_3

ข. PH_3 **เฉลย ก**

เหตุผล NH_3 มีมุมระหว่างพันธะมากกว่า PH_3 เนื่องจากกรณีที่อะตอมที่ล้อมรอบเหมือนกันต่างกันที่อะตอมกลาง อะตอมกลางของ N มีค่า EN สูงกว่าอะตอมกลาง P จะส่งผลให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ N มากกว่า P จึงทำให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเกิดการต่อต้านอิทธิพลจากแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมากขนาดมุมระหว่างพันธะ NH_3 จึงกว้างกว่า PH_3 ดังภาพ

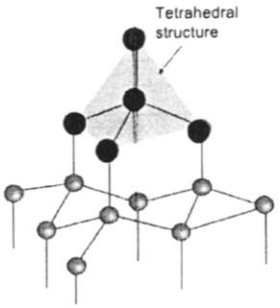


15. เพชรเป็นผลึกที่เกิดจากอะตอมของคาร์บอนมาต่อกัน และแต่ละอะตอมของคาร์บอนเกาะเป็นพันธะเดี่ยวและเกาะต่อเนื่องกันเป็นแบบผลึกร่างตาข่ายเป็นรูปร่างแบบใด **(วิเคราะห์)**

ก. สามเหลี่ยมแบนราบ

ข. ทรงสี่หน้า **เฉลย ข**

เหตุผล เพชร (diamond) เป็นสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างภายในเป็นผลึกร่างตาข่ายที่เกิดจากอะตอมของคาร์บอนเกาะเป็นพันธะเดี่ยวจนเกิดเป็นรูปร่างแบบทางสี่หน้า (tetrahedral) ดังภาพ



การทดลองเรื่อง การนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์

รายวิชาเคมี 1 ว31221

ครูผู้สอน นางสาวพัศยา สันสน

วันที่ทำการทดลอง.....

สมาชิกในกลุ่ม 1.....เลขที่.....

2.....เลขที่.....

3.....เลขที่.....

4.....เลขที่.....

5.....เลขที่.....

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์
2. เพื่ออธิบายและสรุปผลที่สารโคเวเลนต์นำไฟฟ้าได้แตกต่างกัน

วัสดุ อุปกรณ์

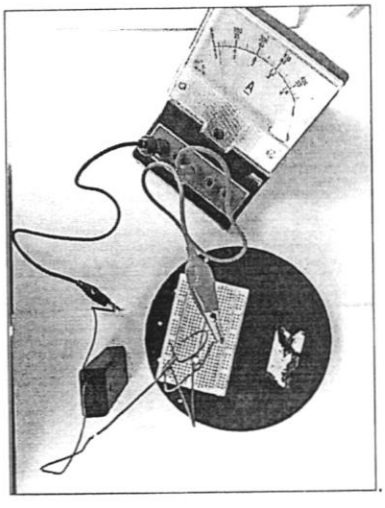
1. ไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 หลอด
2. สายไฟสำหรับต่อวงจร 1 ชุด
3. ถ่านไฟฉาย 3 V
4. บีกเกอร์ขนาด 50 mL 3 อัน
5. แอมป์มิเตอร์ 1 เครื่อง
6. กระดาษพรู๊ฟ 1 แผ่น
7. แผงต่อวงจร (proto-board)
8. รางถ่านไฟฉาย 1 ชุด (1.5 V 2 ก้อน)
9. กระบอกตวงขนาด 10 mL 1 อัน

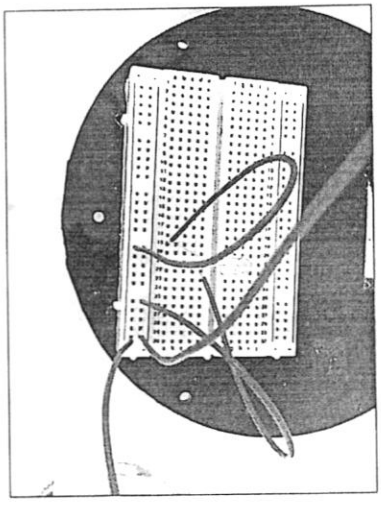
สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 M
3. สารละลายกรดอะซิติก (CH_3COOH) 0.1 M

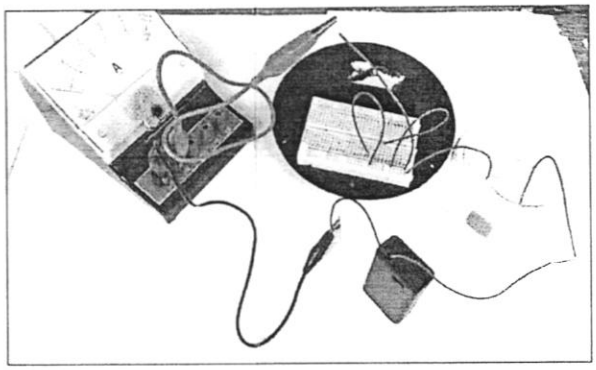
ขั้นตอนการทดลอง

1. นักเรียนทดสอบการนำไฟฟ้าโดยไม่ผ่านสารโคเวเลนต์เพื่อทดสอบหลอด LED และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นดังรูป





2. นักเรียนนำน้ำกลั่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M และสารละลายกรดอะซิติก 0.1 M อย่างละ 30 mL ลงในบีกเกอร์แต่ละใบขนาด 25 mL มาทดสอบการนำไฟฟ้าโดยต่อให้ครบวงจรดังรูปด้านล่าง และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น



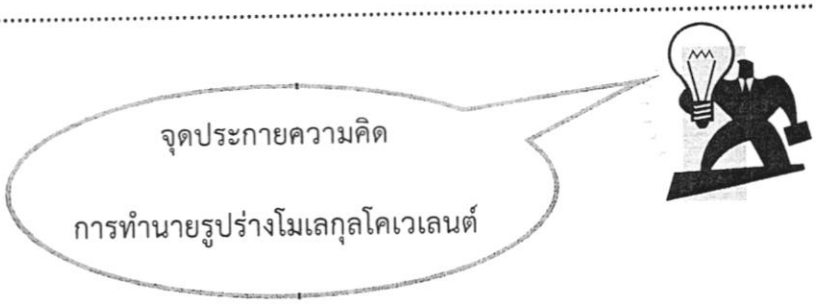
บันทึกผลการทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง(เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับทฤษฎีทางเคมี)

.....

.....

.....



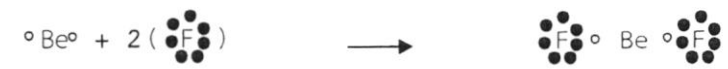
1. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางของโมเลกุลไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

ตัวอย่าง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่าง Be กับ F

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก	เวเลนต์อิเล็กตรอน
$_4$Be	2(2)	2
$_7$F	2 (7)	7

Step 2 เขียนโครงสร้างแบบจุดโดยนำเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะมาสร้างพันธะ โดยนับจำนวนพันธะที่อะตอมกลางสร้างได้มากที่สุดก่อน และจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางนั้นจะส่งแรงผลักทั้งหมดของคู่อิเล็กตรอนที่เกิดจากการสร้างพันธะ และไม่ได้สร้างพันธะ จะทำให้เกิดรูปร่างโมเลกุลที่แตกต่างกัน

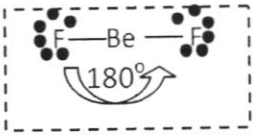


โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ **โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ**

Step 3 เขียนโครงสร้างแบบเส้น 1 เส้นเขียนแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่าง Be กับ Cl 1 คู่ สำหรับอิเล็กตรอนที่ไม่ใช่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะเขียนไว้หรือไม่เขียนก็ได้ สูตรแบบเส้นจึงเป็นการกำหนดขึ้นมาเพื่อให้เขียนสูตรโครงสร้างได้สะดวก และง่ายขึ้น ทั้งนี้เพราะไม่จำเป็นต้องแสดงเวเลนต์อิเล็กตรอนทั้งหมดของธาตุคู่ร่วมพันธะ

* ให้ใช้เส้นตรง 1 เส้น (—) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่

* ให้ใช้เส้นตรง 2 เส้น (=) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 2 คู่
* ให้ใช้เส้นตรง 3 เส้น (≡) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 3 คู่



"รูปร่างแบบเส้นตรง (linear)"

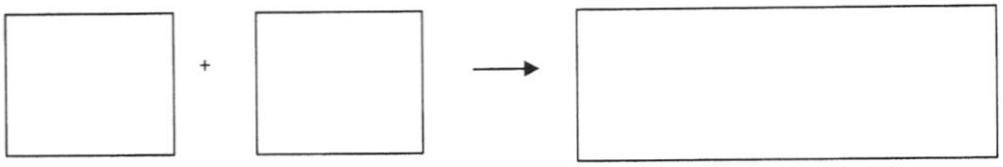
1. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางของโมเลกุลไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

ลองทำดู โมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่าง C กับ O

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก	เวเลนต์อิเล็กตรอน

Step 2



โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ

Step 3 โครงสร้างแบบเส้น

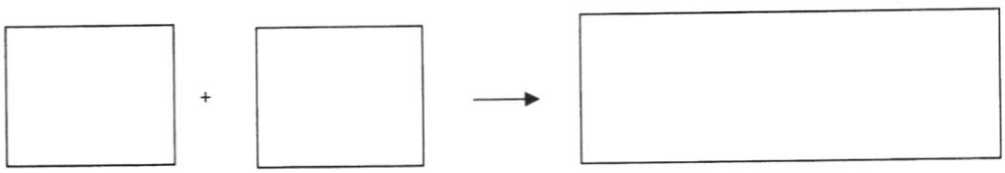
"รูปร่างแบบ..... .( )"

ลองทำดู โมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่าง B กับ F

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก	เวเลนต์อิเล็กตรอน

Step 2



โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ

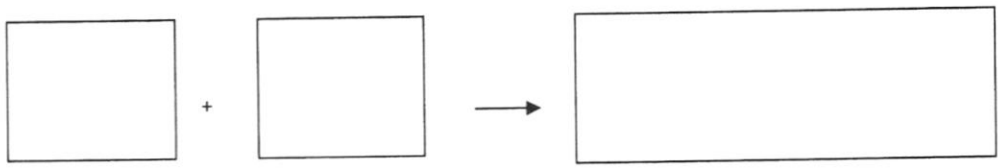
Step 3 โครงสร้างแบบเส้น

"รูปร่างแบบ..... .( )"

ลองทำดู โมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่าง C กับ Cl

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	**การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก**	**เวเลนต์อิเล็กตรอน**

Step 2 

โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ

Step 3 โครงสร้างแบบเส้น

"รูปร่างแบบ..... .( )"

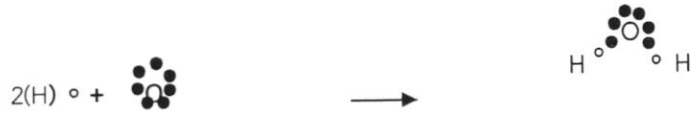
2. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางของโมเลกุลมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่

ตัวอย่าง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่าง H กับ O

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก	เวเลนต์อิเล็กตรอน
$_1H$	(1)	1
$_6O$	2 (4)	4

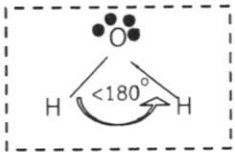
Step 2 เขียนโครงสร้างแบบจุดโดยนำเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะมาสร้างพันธะ โดยนับจำนวนพันธะที่อะตอมกลางสร้างได้มากที่สุดก่อน และจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางนั้นจะส่งแรงผลักทั้งหมดของคู่อิเล็กตรอนที่เกิดจากการสร้างพันธะ และไม่ได้สร้างพันธะ จะทำให้เกิดรูปร่างโมเลกุลที่แตกต่างกัน



โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ

Step 3 เขียนโครงสร้างแบบเส้น 1 เส้นเขียนแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะระหว่าง H กับ O 1 คู่ สำหรับอิเล็กตรอนที่ไม่ใช่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะเขียนไว้หรือไม่เขียนก็ได้ สูตรแบบเส้นจึงเป็นการกำหนดขึ้นมาเพื่อให้เขียนสูตรโครงสร้างได้สะดวก และง่ายขึ้น ทั้งนี้เพราะไม่จำเป็นต้องแสดงเวเลนต์อิเล็กตรอนทั้งหมดของธาตุคู่ร่วมพันธะ

* ให้ใช้เส้นตรง 1 เส้น (—) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่
* ให้ใช้เส้นตรง 2 เส้น (=) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 2 คู่
* ให้ใช้เส้นตรง 3 เส้น (≡) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 3 คู่



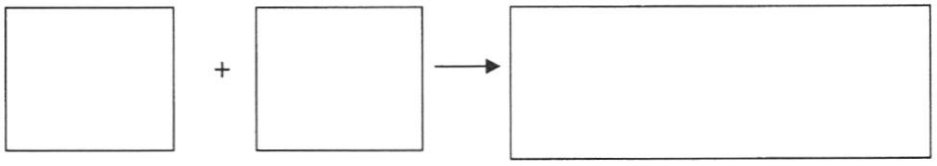
"รูปร่างแบบมุมงอ (V-shape)"

ลองทำดู โมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่าง S กับ O

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก	เวเลนต์อิเล็กตรอน

Step 2



โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ

Step 3 โครงสร้างแบบเส้น

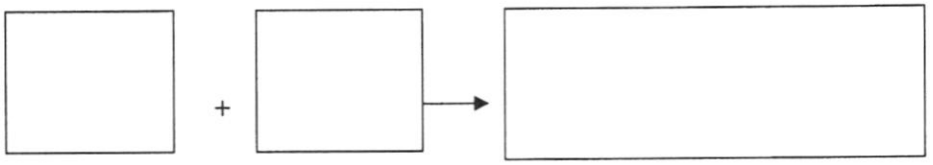
"รูปร่างแบบ..... .( )"

ลองทำดู โมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่าง N กับ F

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

อะตอมคู่ร่วมพันธะ	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก	เวเลนต์อิเล็กตรอน

Step 2

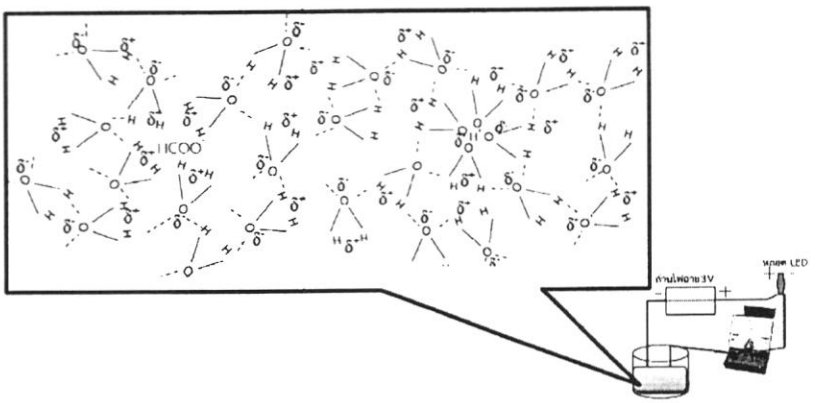
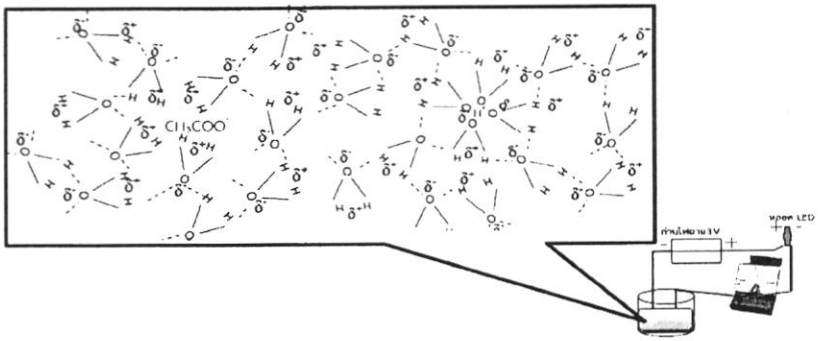


โครงสร้างแบบจุดก่อนเกิดสารประกอบ โครงสร้างแบบจุดหลังเกิดสารประกอบ

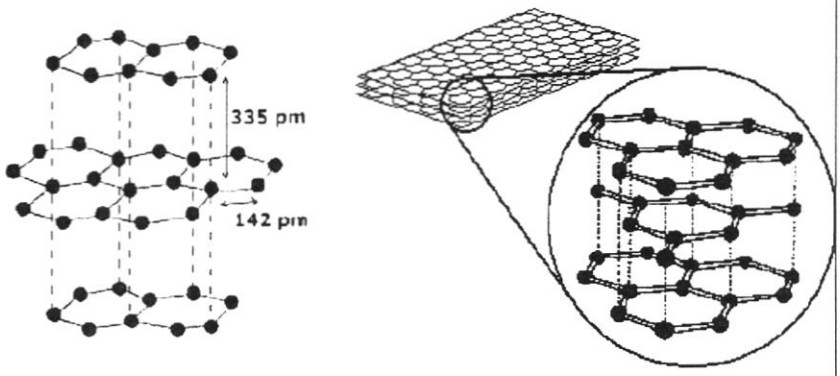
Step 3 โครงสร้างแบบเส้น

"รูปร่างแบบ..... .( )"

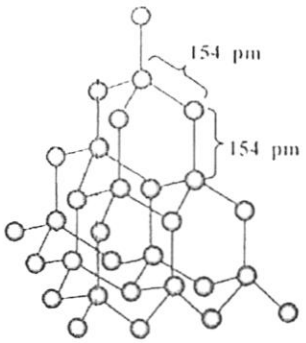
ตารางที่ ข.1 เกณฑ์การตรวจคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

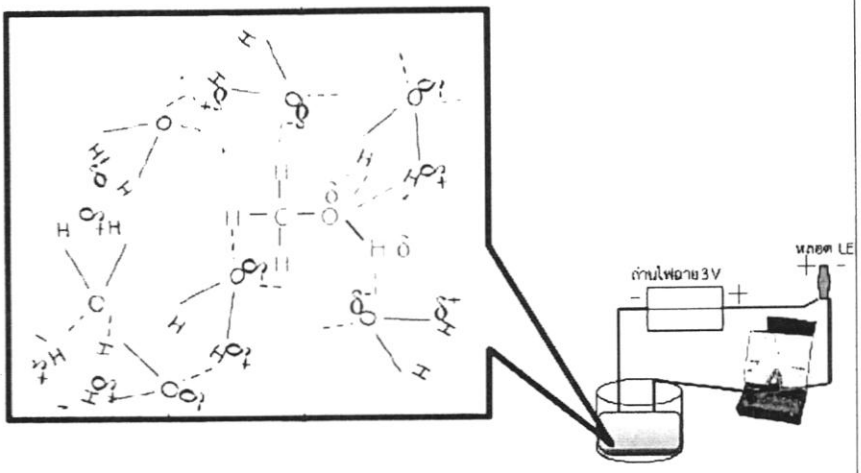
ข้อที่	ส่วนที่ 1 (1 คะแนน)	ส่วนที่ 2 (2 คะแนน)
1	เฉลย ง	**วาดโมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออนของกรดมดได้ถูกต้อง (1 คะแนน)**  **อธิบายเหตุผลประกอบ** 1. กรดมด (HCOOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนของ H^+ และ $HCOO^-$ โดยมีน้ำเข้าไปล้อมรอบไอออนเหล่านั้น (2 คะแนน) 2. กรดมด (HCOOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนของ H^+ หรือ $HCOO^-$ โดยมีน้ำเข้าไปล้อมรอบไอออนเหล่านั้น (1 คะแนน) 3. ไม่บอกว่ากรดมด (HCOOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนของ H^+ และ $HCOO^-$ (0 คะแนน) **วาดโมเลกุลน้ำล้อมรอบไอออนของน้ำส้มสายชูได้ถูกต้อง (1 คะแนน)** 

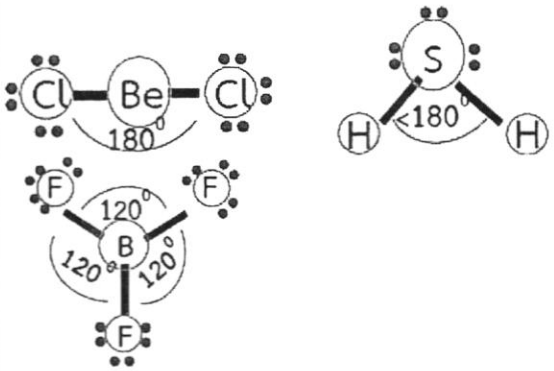
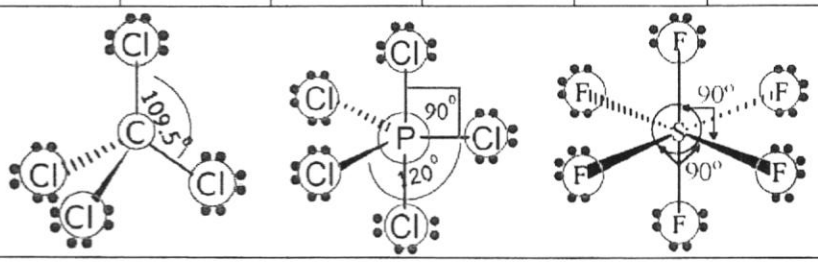
ตารางที่ ข.1 เกณฑ์การตรวจคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ส่วนที่ 1 (1 คะแนน)	ส่วนที่ 2 (2 คะแนน)
		อธิบายเหตุผลประกอบ **อธิบายเหตุผลประกอบ** 1. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนของ H^+ และ CH_3COO^- โดยมีน้ำเข้าไป ล้อมรอบไอออนเหล่านั้น (2 คะแนน) 2. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนของ H^+ หรือ CH_3COO^- โดยมีน้ำเข้าไปล้อมรอบไอออนเหล่านั้น (1 คะแนน) 3. ไม่บอกว่าน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนของ H^+ และ CH_3COO^- โดยมีน้ำเข้าไป ล้อมรอบไอออนเหล่านั้น (0 คะแนน)
2	เฉลย ก	**วาดโครงสร้างแกรไฟต์ได้ถูกต้อง (1 คะแนน)**  **เหตุผลประกอบ** 1. ไส้ดินสอมีแกรไฟต์เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งแกรไฟต์เป็นสารโคเวเลนต์ที่มีโครงสร้างภายในเป็นโครงร่างตาข่ายที่มีธาตุ C เป็นองค์ประกอบ อะตอม C จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นวง วงละ 6 อะตอมต่อเนื่องกันอยู่ภายในระนาบเดียวกัน C ในโครงผลึกของแกรไฟต์มี 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน แต่ละอะตอมสร้างพันธะกับคาร์บอนข้างเคียง 3

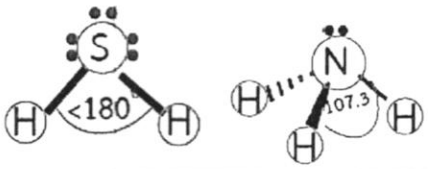
ตารางที่ ข.1 เกณฑ์การตรวจคะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ส่วนที่ 1 (1 คะแนน)	ส่วนที่ 2 (2 คะแนน)
		1. อะตอม จึงเหลืออีก 1 อิเล็กตรอนอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในชั้นดังภาพด้านล่าง ทำให้ไส้ดินสอนำไฟฟ้าจนทำให้หลอด LED สว่าง **(2 คะแนน)** 2. แกรไฟต์มีธาตุ C เป็นองค์ประกอบ อะตอม C จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นวง วงละ 6 อะตอมต่อเนื่องกันอยู่ภายในระนาบเดียวกัน แต่ละอะตอมสร้างพันธะกับคาร์บอนข้างเคียง 3 อะตอม จึงเหลืออีก 1 อิเล็กตรอนอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้ไส้ดินสอนำไฟฟ้าจนทำให้หลอด LED สว่าง **(1 คะแนน)** แกรไฟต์มีธาตุ C เป็นองค์ประกอบ อะตอม C จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นวง ทำให้ไส้ดินสอนำไฟฟ้าจนทำให้หลอด LED สว่าง **(0 คะแนน)**
3	**เฉลย ข**	**วาดโครงสร้างเพชรได้ถูกต้อง (1 คะแนน)** 
3 (ต่อ)		**อธิบายประกอบ** 1. เพชรเป็นอัญรูปหนึ่งของคาร์บอนและเป็นผลึกร่างตาข่าย โครงสร้างของเพชรประกอบด้วยอะตอมของ C ซึ่ง C แต่ละอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 4 อิเล็กตรอนสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอม C ดังภาพ ในโครงสร้างของเพชรไม่มีอิเล็กตรอนเหลือเลยจึงทำให้เพชรไม่นำไฟฟ้าส่งผลให้หลอด LED ไม่สว่าง (2 คะแนน) 2. เพชรประกอบด้วยอะตอมของ C ซึ่ง C แต่ละอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนในการสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอม C ดังภาพ จึงทำให้เพชรไม่นำไฟฟ้าส่งผลให้หลอด LED ไม่สว่าง (1 คะแนน) 3. เพชรประกอบด้วยอะตอมของ C จึงทำให้เพชรไม่นำไฟฟ้าส่งผลให้หลอด LED ไม่สว่าง (0 คะแนน)

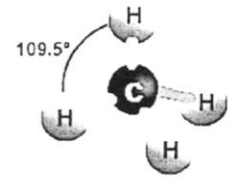
ข้อที่	ส่วนที่ 1 (1 คะแนน)	ส่วนที่ 2 (2 คะแนน)
4	เฉลย ข	วาดโมเลกุลของน้ำล้อมรอบเมทานอลถูกต้อง (1 คะแนน)  เหตุผลประกอบ 1. เมทานอลเป็นสารโคเวเลนต์ที่ไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้จึงไม่นำไฟฟ้า (2 คะแนน) 2. เมทานอลไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้จึงไม่นำไฟฟ้า (1 คะแนน) 3. เมทานลไม่นำไฟฟ้า (0 คะแนน)

<table>
<tr><th>ข้อที่</th><th>ส่วนที่ 1
(1 คะแนน)</th><th colspan="6">ส่วนที่ 2
(2 คะแนน)</th></tr>
<tr><td>5</td><td>เฉลย ค</td><td colspan="6">
<table>
<tr><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่โดดเดี่ยวและคู่ร่วมพันธะของอะตอมถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>ขนาดอะตอม (0.5 คะแนน)</td></tr>
<tr><td colspan="6"> 
</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>6</td><td>เฉลย ข</td><td colspan="6">
<table>
<tr><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่โดดเดี่ยวและคู่ร่วมพันธะของอะตอมถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>ขนาดอะตอม (0.5 คะแนน)</td></tr>
<tr><td colspan="6"> 
</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

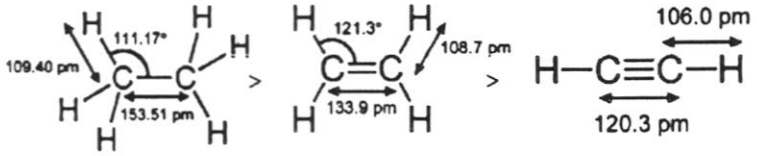
<table>
<tr><th>ข้อที่</th><th>ส่วนที่ 1
(1 คะแนน)</th><th colspan="7">ส่วนที่ 2
(2 คะแนน)</th></tr>
<tr><td>7</td><td>เฉลย ง</td><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง
(1.00 คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง
(1.00 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางถูกต้องและอธิบาย e คู่โดดเดี่ยว
(1.00 คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง
(0.50 คะแนน)</td><td>ขนาดอะตอม
(0.50 คะแนน)</td><td>ชื่อรูปร่าง
(0.50 คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะ
(0.50 คะแนน)</td></tr>
<tr><td>8</td><td>เฉลย ก</td><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง
(1.00 คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง
(1.00 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่โดดเดี่ยวของอะตอมล้อมรอบถูกต้องและอธิบาย e คู่โดดเดี่ยว
(1.00 คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง
(0.50 คะแนน)</td><td>ขนาดอะตอม
(0.50 คะแนน)</td><td>ชื่อรูปร่าง
(0.50 คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะ
(0.50 คะแนน)</td></tr>
</table>

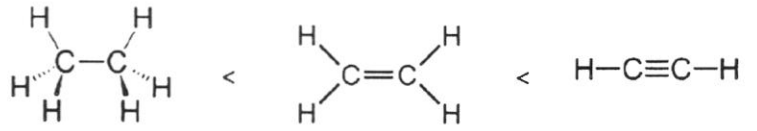


<table>
<tr><th>ข้อที่</th><th>ส่วนที่ 1
(1 คะแนน)</th><th colspan="6">ส่วนที่ 2
(2 คะแนน)</th></tr>
<tr><td>9</td><td>เฉลย ค</td><td colspan="6">
<table>
<tr><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง (1คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่ร่วมพันธะและ e คู่โดดเดี่ยวของอะตอม (1คะแนน)</td><td>อธิบายเหตุผลประกอบ (1 คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td></tr>
</table>

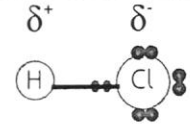
เหตุผลประกอบ
1. CO_2 เป็นแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการเผาไหม้ป่า มีมากในบรรยากาศเป็นแก๊สเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน มีรูปร่างโมเลกุลแบบเส้นตรงดังภาพ (1 คะแนน)
2. ไม่บอก CO_2 เป็นแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการเผาไหม้ป่า มีมากในบรรยากาศเป็นแก๊สเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน และไม่บอกรูปร่างโมเลกุลของ CO_2 (0 คะแนน)
</td></tr>
<tr><td>10</td><td>เฉลย ง</td><td colspan="6">
<table>
<tr><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง (1คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่ร่วมพันธะและ e คู่โดดเดี่ยวของอะตอม (1 คะแนน)</td><td>อธิบายเหตุผลประกอบ (1 คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง (0.5คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง (0.5 คะแนน)</td></tr>
</table>


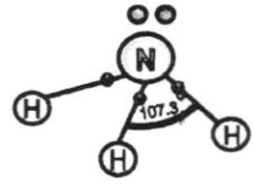
เหตุผลประกอบ
1. CH_4 เป็นแก๊สที่เกิดจากวัวผายลมออกสู่ชั้นบรรยากาศ เกิดจากการแยกแก๊สเชื้อเพลิง ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน มีรูปร่างโมเลกุลแบบทรงสี่หน้า (1 คะแนน)
2. ไม่ระบุ CH_4 เป็นแก๊สที่เกิดจากวัวผายลมออกสู่ชั้นบรรยากาศ เกิดจากการแยกแก๊สเชื้อเพลิง ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ไม่บอกรูปร่างโมเลกุลของ CH_4 (0 คะแนน)
</td></tr>
</table>

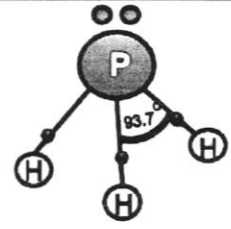
<table>
<tr><th>ข้อที่</th><th>ส่วนที่ 1
(1 คะแนน)</th><th>ส่วนที่ 2
(2 คะแนน)</th></tr>
<tr><td>11</td><td>เฉลย ก</td><td>
<table>
<tr><th>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง (1คะแนน)</th><th>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</th><th>แสดง e คู่ร่วมพันธะ (1คะแนน)</th><th>อธิบายเหตุผลประกอบ (1 คะแนน)</th><th>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง (0.5 คะแนน)</th><th>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง (0.5 คะแนน)</th></tr>
</table>


เหตุผลประกอบ
1. C_2H_6 เป็นสารแอลเคนมีความยาวของ C-C ยาวกว่า C=C ของสารแอลคีนและ C≡C ของสารแอลไคน์ (1 คะแนน)
2. ไม่อธิบายเหตุผล (0 คะแนน)
</td></tr>
<tr><td>12</td><td>เฉลย ค</td><td>
<table>
<tr><th>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง (1คะแนน)</th><th>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน)</th><th>แสดง e คู่ร่วมพันธะ (1คะแนน)</th><th>อธิบายเหตุผลประกอบ (1 คะแนน)</th><th>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง (0.5 คะแนน)</th><th>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง (0.5 คะแนน)</th></tr>
</table>


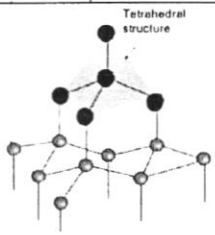
เหตุผลประกอบ
1. ความแข็งแรงของพันธะระหว่างคาร์บอนของ C_2H_6 C_2H_4 C_2H_2 ใช้พลังงานพันธะบอกให้ทราบโดยพันธะเคมีที่ต้องใช้พลังงานสลายสูงกว่า จะมีความแข็งแรงของพันธะมากกว่าพันธะเคมีที่ต้องใช้พลังงานสลายต่ำกว่า นั่นคือ พันธะระหว่างคาร์บอนคู่เดียวกัน ความแข็งแรงของพันธะเดี่ยว(C_2H_6) < พันธะคู่ (C_2H_4) < พันธะสาม (C_2H_2) ดังภาพ (1 คะแนน)
2. ไม่อธิบายเหตุผลประกอบ (0 คะแนน)
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>ข้อที่</th><th>ส่วนที่ 1
(1 คะแนน)</th><th>ส่วนที่ 2
(2 คะแนน)</th></tr>
<tr><td>13</td><td>เฉลย ค</td><td>
<table>
<tr><td>น.ร.กล่าวถึงค่า EN ของ Cl สูงกว่า H
(2.00 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่โดดเดี่ยวของอะตอม
(0.50 คะแนน)</td><td>แสดง e คู่ร่วมพันธะของอะตอม
(0.50 คะแนน)</td></tr>
</table>


เหตุผลประกอบ
1. ค่า EN ของ Cl สูงกว่า H จึงส่งผลให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ Cl มากกว่า H ดังภาพ (1 คะแนน)
2. ค่า EN ของ Cl สูงกว่า H ดังภาพ (0.5 คะแนน)
3. ไม่อธิบายเหตุผลประกอบ (0 คะแนน)</td></tr>
<tr><td>14</td><td>เฉลย ก</td><td>
<table>
<tr><td>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลเปรียบได้ถูกต้อง
(1คะแนน)</td><td>แสดงสัญลักษณ์อะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง
(0.5คะแนน)</td><td>แสดง e คู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลาง
(0.5คะแนน)</td><td>อธิบายเหตุผลประกอบ
(2คะแนน)</td><td>มุมระหว่างพันธะถูกต้อง
(0.5คะแนน)</td><td>แสดงเส้นพันธะได้ถูกต้อง
(0.5คะแนน)</td></tr>
</table>




เหตุผลประกอบ
1. NH_3 มีมุมระหว่างพันธะมากกว่า PH_3 เนื่องจากอะตอมที่ล้อมรอบเหมือนกันคือ Hต่างกันที่อะตอมกลาง N มีค่า EN สูงกว่า P จะส่งผลให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ N มากกว่า P จึงทำให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเกิดการต่อต้านอิทธิพลจากแรงผลักของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอมกลางมากขนาดมุมระหว่างพันธะ NH_3 จึงกว้างกว่า PH_3 ดังภาพ (2 คะแนน)
2. NH_3 มีมุมระหว่างพันธะมากกว่า PH_3 เนื่องจาก N มีค่า EN สูงกว่า P จะส่งผลให้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเข้าใกล้ N มากกว่า P เกิดการต้านของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวสูงมุมกว้างขึ้นจึงทำให้มุมระหว่างพันธะ NH_3 จึงกว้างกว่า PH_3 ดังภาพ (1 คะแนน)
3. NH_3 มีมุมระหว่างพันธะมากกว่า PH_3 (0 คะแนน)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>ข้อที่</th><th>ส่วนที่ 1
(1 คะแนน)</th><th>ส่วนที่ 2
(2 คะแนน)</th></tr>
<tr><td>15</td><td>เฉลย ข</td><td>
<table>
<tr><th>วาดรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลได้ถูกต้อง
(1 คะแนน)</th><th>อธิบายเหตุผลประกอบ
(1 คะแนน)</th></tr>
</table>


เหตุผลประกอบ
1. เพชรเป็นสารโคเวเลนต์โครงสร้างภายในเป็นผลึกร่างตาข่ายที่เกิดจากอะตอมของ C เกาะเป็นพันธะเดี่ยวจนเกิดเป็นรูปร่างแบบทรงสี่หน้า (tetrahedral) (1 คะแนน)
2. ไม่บอกเหตุผลประกอบภาพ (0 คะแนน)
</td></tr>
</table>

ภาคผนวก ค
กิจกรรมร่วมกับเทคนิค MORE

แผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

รายวิชาเคมี 1 **เวลา 5 ชั่วโมง** **1.5 หน่วยกิต**
มัธยมศึกษาปีที่ 4 **โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม**

<u>สาระที่ 3</u> **สารและสมบัติของสาร**

<u>มาตรฐาน ว3.1</u> เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

<u>สาระสำคัญ</u>

พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bond) มาจากคำว่า co + valence electron ซึ่งหมายถึง พันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันดังเช่น ในกรณีของไฮโดรเจน ดังนั้นลักษณะที่สำคัญของพันธะโคเวเลนต์ก็คือการที่อะตอมใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ ๆ

- สารประกอบที่อะตอมแต่ละคู่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า **สารโคเวเลนต์**
- โมเลกุลของสารที่อะตอมแต่ละคู่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า **โมเลกุลโคเวเลนต์**

การเกิดพันธะโคเวเลนต์

เนื่องจากพันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกัน ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกันเพียง 1 คู่ หรือมากกว่า 1 คู่ก็ได้

- อิเล็กตรอนคู่ที่อะตอมทั้งสองใช้ร่วมกันเรียกว่า “**อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ**”
- อะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเรียกว่า “**อะตอมคู่ร่วมพันธะ**”

* ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่า **พันธะเดี่ยว** เช่น ในโมเลกุลของไฮโดรเจน (H-H)

* ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่า **พันธะคู่** เช่น ในโมเลกุลของออกซิเจน (O=O)

* ถ้าอะตอมคู่ร่วมพันธะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่จะเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่า **พันธะสาม** เช่น ในโมเลกุลของไนโตรเจน ($N \equiv N$)

จากการศึกษาสารโคเวเลนต์จะพบว่า ธาตุที่จะสร้างพันธะโคเวเลนต์ส่วนมากเป็นธาตุอโลหะกับอโลหะ ทั้งนี้เนื่องจากโลหะมีพลังงานไอออไนเซชันค่อนข้างสูง จึงเสียอิเล็กตรอนได้ยาก เมื่ออโลหะรวมกันเป็นโมเลกุลจึงไม่มีอะตอมใดเสียอิเล็กตรอน มีแต่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์

อย่างไรก็ตามโลหะบางชนิดก็สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับอโลหะได้ เช่น Be เกิดเป็นสารโคเวเลนต์คือ $BeCl_2$ เป็นต้น

สูตรโครงสร้าง

เป็นสูตรเคมีที่แสดงให้ทราบว่าสารนั้นประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง อย่างละกี่อะตอมและแต่ละอะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมีอย่างไร จะเห็นได้ว่าสูตรโครงสร้างของสารให้ราบละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ในโมเลกุลมากกว่าสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

สูตรโครงสร้างสามารถเขียนได้ 2 แบบคือ สูตรโครงสร้างแบบจุด (electron dot formula) หรือสูตรโครงสร้างแบบลิวอิส (Lewis formula) และสูตรโครงสร้างแบบเส้น (graphic formula) สูตรโครงสร้างทั้ง 2 แบบจะแสดงเฉพาะเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

ก. สูตรโครงสร้างแบบจุด

ใช้สัญลักษณ์เป็นจุด (.) แทนเวเลนต์อิเล็กตรอนโดยเขียนไว้รอบๆ สัญลักษณ์ของธาตุ หรืออาจจะใช้สัญลักษณ์เป็น x แทนเวเลนต์อิเล็กตรอนก็ได้เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างอิเล็กตรอนของธาตุคู่ร่วมพันธะต่างชนิดกัน โดยทั่วไปการเขียนสูตรแบบจุดจะมีข้อกำหนดดังนี้

1. อะตอมของธาตุก่อนเขียน ให้เขียนแยกกัน และเขียนจุด (.) แสดงเวเลนต์อิเล็กตรอนล้อมรอบสัญลักษณ์ของธาตุ โดยมีจำนวนจุดเท่ากับจำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอน เช่น

$_1H$ มี 1 เวเลนต์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดเป็น $H^{\bullet}$

$_8O$ มี 6 เวเลนต์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดเป็น $:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:$

$_{15}P$ มี 5 เวเลนต์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดเป็น $\bullet\ddot{\underset{\cdot}{P}}:$

2. เมื่ออะตอม 2 อะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์ ให้เขียนสูตรแบบจุดของอะตอมทั้งสองไว้ด้วยกัน สำหรับอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน ให้เขียนจุด (.) ไว้ในระหว่างสัญลักษณ์ของอะตอมคู่ร่วมพันธะ ส่วนอิเล็กตรอนที่ไม่ได้ร่วมกัน หรืออิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะ ให้เขียนด้วยจุดไว้บนอะตอมเดิม

จะเห็นว่าการเขียนสูตรแบบจุดจำเป็นต้องทราบจำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนของธาตุคู่ร่วมพันธะก่อนซึ่งอาจจะทราบจากเลขอะตอมของธาตุ หลังจากนั้นจึงจะนำมาเขียนเป็นสูตรแบบจุด

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างแบบจุด

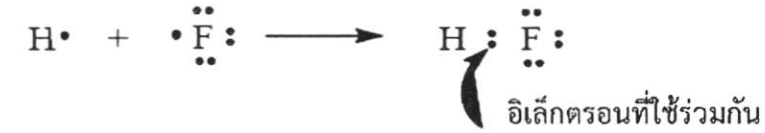
1. สูตรแบบจุดของไฮโดรเจน (H_2)

$_1H$ มี 1 เวเลนต์อิเล็กตรอน เขียนสูตรแบบจุดได้เป็น $H^{\bullet}$ เมื่อ $H^{\bullet}$ 2 อะตอมรวมกันเป็นโมเลกุล จะมีการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ จึงเขียนสูตรแบบจุดได้ดังนี้

2. สูตรแบบจุดของก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)

$_{9}F$ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 7

ดังนั้นมี 7 เวเลนต์อิเล็กตรอน สูตรแบบจุดคือ $\cdot\ddot{F}:$ เมื่อ H รวมกับ F เป็น HF เขียนเป็นสูตรแบบจุดได้ดังนี้



H และ F ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพียง 1 คู่ในโมเลกุลของ HF จึงมีพันธะโคเวเลนต์เพียง 1 พันธะ โดยเขียนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันไว้ระหว่างธาตุ H กับ F สำหรับอิเล็กตรอนที่เหลือของ F 6 อิเล็กตรอนก็เขียนไว้บนอะตอมของ F

ข. สูตรโครงสร้างแบบเส้น

เป็นการเขียนสูตรโครงสร้างของโมเลกุลโคเวเลนต์อีกแบบหนึ่งซึ่งแตกต่างจากสูตรแบบจุดเล็กน้อย โดยกำหนดให้ใช้เส้นตรง (-) แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ หรือแทนพันธะโคเวเลนต์ 1 พันธะ ทั้งนี้ให้เขียนไว้ในระหว่างสัญลักษณ์ของธาตุคู่ร่วมพันธะ สำหรับอิเล็กตรอนที่ไม่ใช่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะเขียนไว้หรือไม่เขียนก็ได้ (ปกติจะไม่เขียน) สูตรแบบเส้นจึงเป็นการกำหนดขึ้นมาเพื่อให้เขียนสูตรโครงสร้างได้สะดวก และง่ายขึ้น ทั้งนี้เพราะไม่จำเป็นต้องแสดงเวเลนต์อิเล็กตรอนทั้งหมดของธาตุคู่ร่วมพันธะ

เส้นตรง 1 เส้น (—) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่

เส้นตรง 2 เส้น (=) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 2 คู่

เส้นตรง 3 เส้น (≡) แทนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 3 คู่

ตัวอย่างสูตรโครงสร้างแบบเส้น

1. สูตรแบบเส้นของก๊าซไฮโดรเจน (H_2)

สูตรแบบจุดของ H_2 คือ H : H

จะเห็นได้ว่า H ทั้งสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่จึงใช้เส้นตรง 1 เส้นเขียนแทนอิเล็กตรอน คู่ร่วมพันธะ โดยเขียนไว้ระหว่าง H ทั้งสองอะตอม ดังนี้

H - H

2. สูตรโครงสร้างแบบเส้นของก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)

สูตรแบบจุดของ HF คือ $H : \ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}:$

จะเห็นได้ว่าอะตอม H กับ F มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพียง 1 คู่ จึงใช้เส้นตรง 1 เส้นเขียนแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ โดยเขียนไว้ระหว่าง H กับ F ดังนี้

H - F

<u>หมายเหตุ</u>

ก. การเขียนสูตรโครงสร้างแสดงพันธะโคเวเลนต์ทั้ง 2 แบบนี้เป็นเพียงสูตรที่เขียนขึ้นเพื่อความสะดวกเท่านั้นไม่ได้แสดงตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันซึ่งเขียนไว้ระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะ ก็ไม่ได้หมายความว่าอิเล็กตรอนทั้งคู่จะต้องอยู่ระหว่างนิวเคลียสทั้งสองตลอดเวลา อิเล็กตรอนทั้งคู่อาจจะไปอยู่ส่วนอื่น ๆ ของอะตอมได้ แต่อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนทั้งคู่อยู่ ระหว่างนิวเคลียสทั้งสองมีมากกว่าบริเวณอื่น ๆ

ข. การเขียนสูตรโครงสร้างทั้งสองแบบนี้ จุดหรือเส้นเพียงแต่แสดงจำนวนพันธะที่แต่ละอะตอมสร้างขึ้น ไม่ได้แสดงตำแหน่งของพันธะหรือตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอน รวมทั้งไม่ได้แสดงโครงสร้างของโมเลกุล

<u>รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์</u>

การจัดเรียงอะตอมต่าง ๆ ในโมเลกุลโคเวเลนต์มีตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอนจึงทำให้โมเลกุลโคเวเลนต์ของสารต่าง ๆ มีรูปร่างแตกต่างกัน สิ่งที่ใช้บอกรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์จะเป็นอย่างไรนั้น คือ การจัดเวเลนต์อิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางของธาตุในโมเลกุลโคเวเลนต์ นอกจากนั้นความยาวพันธะและมุมระหว่างพันธะยังสามารถใช้บอกรูปร่างโมเลกุลได้ด้วย

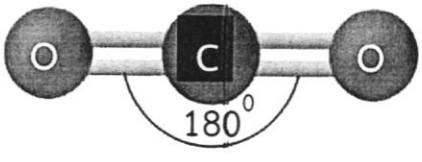
ความยาวพันธะ (Bond length) คือ ระยะทางระหว่างนิวเคลียสของอะตอมคู่หนึ่งที่มีพันธะต่อกัน

มุมระหว่างพันธะ (Bond angle) คือ มุมที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมทำกับอะตอมกลาง หรือมุมที่เกิดระหว่างพันธะสองพันธะ จะกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวและอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะรอบ ๆ อะตอมกลางโดยถือหลักว่าโมเลกุลที่เสถียรจะต้องมี

พลังงานต่ำ นั่นคืออะตอมในโมเลกุลต้องจัดเรียงตัวกันเพื่อให้มีแรงผลักของคู่อิเล็กตรอนให้น้อยที่สุด การทำนายรูปร่างโมเลกุลให้เลือกอะตอมกลาง ซึ่งเป็นอะตอมที่สร้างพันธะได้มากที่สุดก่อน และนับจำนวนพันธะที่อะตอมกลางสร้างได้ และจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางนั้น แรงผลักทั้งหมดของคู่อิเล็กตรอนที่เกิดจากการสร้างพันธะ และไม่ได้สร้างพันธะจะทำให้เกิดรูปร่างโมเลกุลที่แตกต่างกัน เช่น

รูปร่างแบบเส้นตรง (Linear)

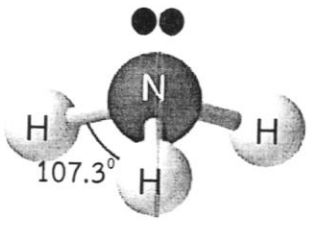
CO_2 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนทั้งหมด 4 คู่ และทั้ง 4 คู่ เป็นอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะคู่ 2 พันธะ ซึ่งจะเกิดแรงผลักกันให้มากที่สุดทำให้โมเลกุลเป็นรูปเส้นตรงมีมุมระหว่างพันธะเป็น 180^0 ดังรูป



สรุป โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนต์ใด ๆ ถ้าอะตอมกลางมี 2 พันธะ จะเป็นพันธะชนิดใดก็ได้ และไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โมเลกุลหรือไอออนนั้นจะมีรูปร่างเป็นเส้นตรง

รูปร่างแบบพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Trigonal pyramidal)

NH_3 อะตอมกลาง N ในโมเลกุล NH_3 มีเวเลนต์อิเล็กตรอนทั้งหมด 4 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ และอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่ อิเล็กตรอนทั้ง 4 คู่ รอบอะตอมกลางที่กล่าวนี้จะผลักกันให้ห่างมากที่สุด โดยพยายามปรับตัวให้อยู่ในแนวเส้นตรงที่ชี้ออกจากอะตอมกลางไปยังมุมทั้ง 4 ของรูปทรงสี่หน้าคล้ายกับมีเทน (CH_4) และเนื่องจากแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของอะตอม N ใน NH_3 มีค่ามากว่าแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกับอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ จึงทำให้มุมระหว่างพันธะ H-N-H ลดลงเหลือ 107.3^0 และมีรูปร่างโมเลกุลเป็นรูปพีระมิดฐานสามเหลี่ยม ดังรูป



สรุป โมเลกุลหรือไอออนโคเวเลนต์ใด ๆ ถ้าอะตอมกลางมี 3 พันธะ (ไม่คำนึงถึงชนิดพันธะ) และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลือ 1 คู่ รูปร่างโมเลกุลหรือไอออนเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (pyramidal)

ผลการเรียนรู้

ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้

สมรรถนะ

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

วัฏจักรการเรียน 5 ขั้นตอน (5 Es Model)

ชั่วโมงที่ 1

1. ก่อนดำเนินกิจกรรม MORE

1.1 ครูใช้การเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เกมส์ โดยครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสูตรและอ่านชื่อสารโคเวเลนต์ลงในกระดาษให้ได้มากที่สุด โดยให้เวลา 30 วินาทีแล้วหลังจากนั้นนักเรียนจับคู่สรุปออกมาจากข้อมูลของทั้งคู่เขียนลงในกระดาษแผ่นใหม่ และสุดท้ายนักเรียนจับกลุ่มๆละ 3-4 คนสรุปให้ได้มากที่สุดจากที่แต่ละคู่รวบรวมมาลงกระดาษของกลุ่มแผ่นเดียวกันโดยแข่งขันกันระหว่างกลุ่ม กลุ่มใดชนะจะได้รางวัลตอบแทนจากครู

1.2 ครูให้นักเรียนลองถกเถียงกันภายในกลุ่มว่าการทำงานเป็นกลุ่มดีกว่าการทำงานคนเดียวหรือไม่อย่างไร (ดีกว่าคือ การที่จะได้ข้อมูลมานั้นถ้าเราทำเพียงคนเดียวข้อมูลที่ได้มาน้อย แต่ถ้าช่วยกันเป็นกลุ่มข้อมูลจะมีมากมายและประสบความสำเร็จได้ง่าย)

ชั่วโมงที่ 2-4

2. การดำเนินกิจกรรม MORE

2.1 ขั้นแบบจำลอง (Model)

2.1.1 ครูจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3-4 คน (เก่ง ปานกลาง อ่อน) โดยครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดแบบจำลองเบื้องต้นของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 AsF_5 และ TeF_6 ลงในกระดาษ A4 โดยกำหนดให้นักเรียนบอกชื่อรูปร่างโมเลกุล วาดโครงสร้าง แสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของอะตอม แสดงสัญลักษณ์และขนาดแทนอะตอมกลางและอะตอมที่ล้อมรอบ เส้นพันธะระหว่างอะตอม และขนาดมุมระหว่างพันธะ โดยให้ข้อมูลประกอบการวาดคือตารางธาตุ ขนาดอะตอม และความยาวพันธะเฉลี่ยระหว่างอะตอมจากหนังสือเคมีเล่ม 1 สสวท. ครูถามนักเรียนว่า *"นักเรียนสามารถบอกครูได้หรือไม่ว่าสารโคเวเลนต์ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 AsF_5 และ TeF_6 ที่ครูให้นักเรียนลองวาด*

แบบจำลองเบื้องต้นมีรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นรูปร่างแบบใด" ให้เวลาในการทำกิจกรรมนี้ 10 นาที

2.1.2 ครูให้นักเรียนออกมาดูแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่มอื่น ประมาณ 5 นาที (โดยครูให้นักเรียนคิดว่าสารโมเลกุลรูปร่างแบบใดบ้างที่ถูกและผิด)

2.1.3 ครูให้นักเรียนวิจารณ์กันภายในกลุ่มว่า สารโคเวเลนต์ใดที่มีรูปร่างโมเลกุลไม่ถูกต้องและถูกต้อง พร้อมเหตุผลประกอบ ครูจะทราบทันทีเลยว่าแบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนในเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นอย่างไร

2.2 ขั้นสังเกต (Observe)

2.2.1 ครูแจกใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาซึ่งครูเป็นผู้ชี้แนะ นักเรียนนำชุดอุปกรณ์การต่อโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ ได้แก่ ดินน้ำมันหลากหลายสีแทนอะตอมกลางและอะตอมล้อมรอบ หลอดดูดชนิดแข็งแทนพันธะระหว่างอะตอม ไม้โปรเจคเตอร์สำหรับวัดขนาดมุมระหว่างพันธะ และกรรไกรเพื่อตัดหลอดดูดที่แสดงพันธะที่มีความยาวแตกต่างกัน

2.2.2 ครูยกตัวอย่างรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์แบบเส้นตรงของ BeF_2 ในใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้ขั้นตอน "Three Steps Technical (TST)" คือ

Step 1 หาเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะ

Step 2 เขียนโครงสร้างแบบจุดโดยนำเวเลนต์อิเล็กตรอนของอะตอมคู่ร่วมพันธะมาสร้างพันธะ

Step 3 เขียนโครงสร้างแบบเส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ

เมื่อ Step ครบแล้วให้นักเรียนลองต่อโครงสร้างโมเลกุลดังกล่าวโดยใช้ชุดอุปกรณ์การต่อโครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์

2.2.3 ครูให้นักเรียนทำใบงานจุดประกายความคิดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้ขั้นตอน "Three Steps Technical (TST)" จนครบทุกสารโคเวเลนต์ แล้วครูเดินสำรวจดูโครงสร้างสารโคเวเลนต์ที่นักเรียนวางไว้บนโต๊ะและให้คำแนะนำ

2.3 สะท้อนกลับ (Reflect)

นักเรียนอธิบายและอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองเบื้องต้น โดยใช้ Three Steps Technical (TST) จากขั้นสังเกตมาช่วยโดยมีครูคอยแนะนำ และซักถามเพื่อให้ได้แบบจำลองปรับปรุงแล้ว (refined model) ที่ถูกต้องลงในกระดาษแผ่นใหม่

2.4 อธิบาย (Explain)

2.4.1 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วของ $BeCl_2$ H_2S BF_3 PH_3 CH_4 AsF_5 และ TeF_6

2.4.2 นักเรียนเดินดูแบบจำลองเปรียบเทียบกับ model ของกลุ่มตัวเอง หลังจากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปอีกครั้ง

2.4.3 ครูสาธิตการต่อโครงสร้างโมเลกุลจากการใช้โปรแกรม Phet interactive simulation (University of Colorado, https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/chemistry) เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ชั่วโมงที่ 5

3. หลังดำเนินกิจกรรม MORE

ครูถามนักเรียนว่าสารโคเวเลนต์ที่ครูยกตัวในใบงานหรือในเอกสาร มีในสิ่งแวดล้อมหรือไม่ และมีผลอย่างไรในชีวิตประจำวัน (เช่น O_2 มีมากมายในอากาศรอบตัวเรา มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมากเพราะใช้ในการหายใจและการเผาไหม้ CO_2 มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่ถ้ามีในปริมาณมากเกินไปในบรรยากาศซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะส่งผลต่อภาวะเรือนกระจกได้ เพราะ CO_2 เป็นแก๊สเรือนกระจกเป็นต้น)

3.2 ครูประเมินนักเรียนด้านความรู้จากการตอบคำถาม โครงสร้างโมเลกุลจากแบบจำลองโมเลกุลอย่างง่าย และการประเมินตามสภาพจริงตามพฤติกรรมการจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอ initial model และ refined model เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ดังตารางต่อไปนี้

เกณฑ์การประเมิน รวมคะแนน (10 คะแนน)	ชื่อรูปร่างโมเลกุล (2 คะแนน)	การวาดโครงสร้างโมเลกุล (3 คะแนน)	สัญลักษณ์ (2 คะแนน)	เส้นพันธะ (1 คะแนน)	มุมระหว่างพันธะ (2 คะแนน)
การจัดกระทำข้อมูลการนำเสนอ initial model และ refined model	นักเรียนสามารถบอกชื่อรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทั้งภาษาไทยได้ถูกต้อง (1 คะแนน) และภาษาอังกฤษได้ (1 คะแนน)	นักเรียนสามารถวาดรูปร่างได้ถูกต้อง (1 คะแนน) วาดขนาดอะตอมกลางและขนาดอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1 คะแนน) และแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวได้ถูกต้อง (1คะแนน)	นักเรียนแสดงสัญลักษณ์ธาตุของอะตอมกลางได้ถูกต้อง (1 คะแนน) และอะตอมที่ล้อมรอบได้ถูกต้อง (1คะแนน)	นักเรียนแสดงเส้นพันธะระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะได้ถูกต้อง (1 คะแนน)	นักเรียนระบุขนาดของมุมระหว่างพันธะได้ถูกต้อง (2 คะแนน)

เกณฑ์การประเมินผล

ร้อยละ 80 - 100 = ดี

ร้อยละ 50 - 70 = พอใช้

ร้อยละ 0 - 40 = ควรปรับปรุง

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนการสอน

_____

_____

_____

ปัญหา/ อุปสรรค

_____

_____

_____

แนวทางแก้ไข

_____

_____

_____

ลงชื่อ_____(ครูผู้สอน)

(นางสาวพัศยา สันสน)

_____/_____/_____

ลงชื่อ_____(ผู้ตรวจสอบ)

(ผศ.ดร.กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา)

_____/_____/_____

ภาคผนวก ง
คุณภาพเครื่องมือ

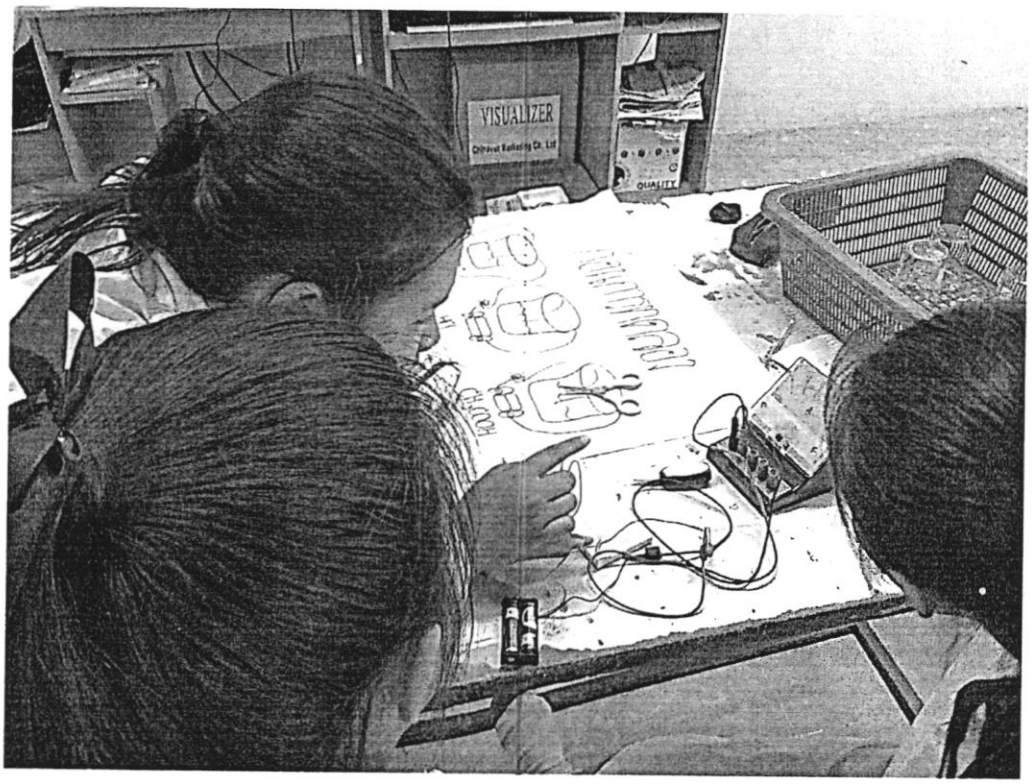
ตารางที่ ง.1 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า (p)	ค่า (r)
1	0.21	0.27
2	0.79	0.20
3	0.62	0.22
4	0.59	0.28
5	0.35	0.31
6	0.41	0.54
7	0.35	0.67
8	0.32	0.38
9	0.68	0.22
10	0.53	0.41
11	0.62	0.46
12	0.38	0.37
13	0.62	0.22
14	0.29	0.20
15	0.62	0.46

จากข้อมูลในตารางที่ ง.1 เมื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับโดยคำนวณจากสูตร KR_{20} ได้เท่ากับ 0.650

ภาคผนวก จ

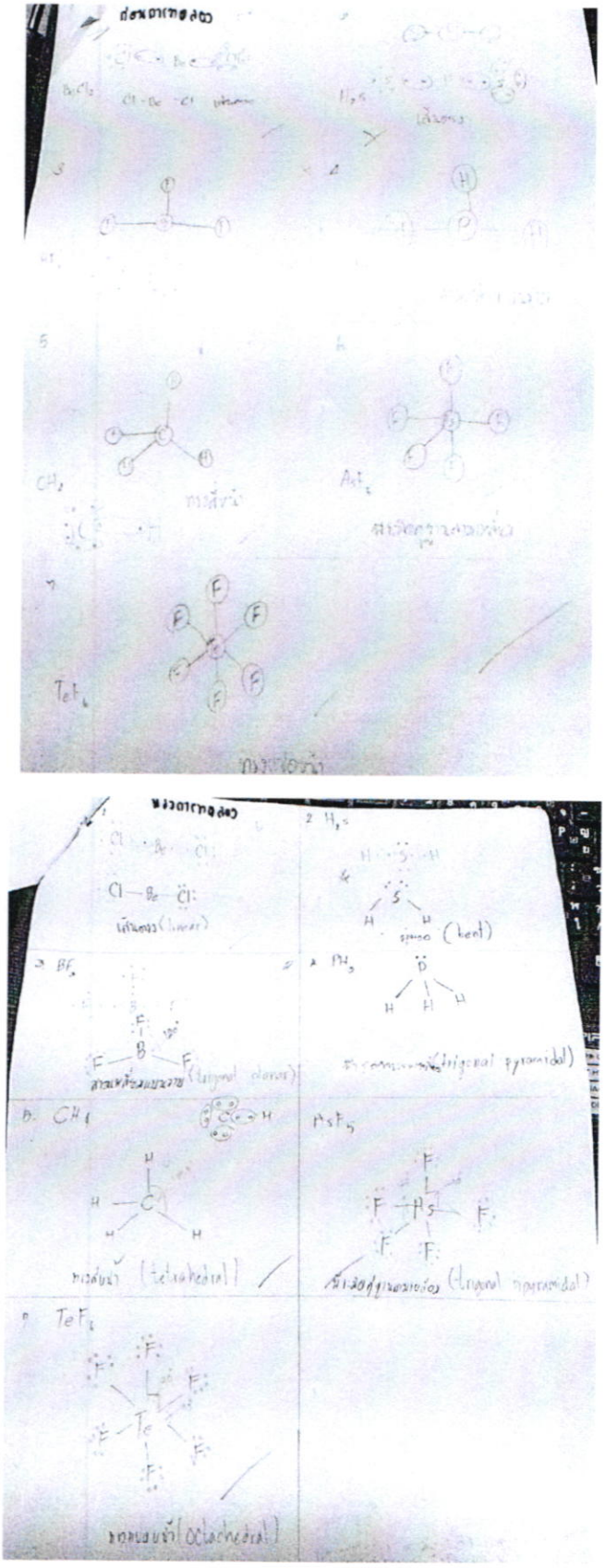
ภาพกิจกรรม เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยเทคนิค MORE



ภาพที่ จ.1 กิจกรรมการทดลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์

ภาพที่ จ.2 กิจกรรมการทดลอง เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ภาพที่ จ.3 แบบจำลอง เรื่อง สมบัติการนำไฟฟ้าสารโคเวเลนต์



ภาพที่ จ.4 แบบจำลอง เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวพัศยา สันสน
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
	พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยศิลปากร
	ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 - พ.ศ. 2555 ตำแหน่งครู โรงเรียนทุ่งตะโกวิทยา จังหวัดชุมพร
	พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน ตำแหน่งครู โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม จังหวัดพัทลุง
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานใน	โรงเรียนพัทลุงพิทยาคม
ปัจจุบัน	เลขที่ 100 ตำบลควนมะพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000
	email; naampat84@gmail.com
	Facebook; Naam Ubon

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี