บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องตลอดจนการสื่อความหมายข้อมูลที่ตรงกันดังนี้

$\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย (Mean)

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

N แทน จำนวนกลุ่มทดลอง

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการในแผนการจัดการเรียนรู้

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ เรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการทำกิจกรรมใบงานระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ หลังจากสิ้นสุดการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าร้อยละ (รายละเอียดดังภาคผนวก ฉ หน้า 171-173) ได้ผลปรากฏดังตาราง 5

ตารางที่ 5 แสดงคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนที่	N	คะแนนเต็ม	คะแนน			คะแนนรวม (360)	$\overline{X}$	S.D.	คะแนนหลังเรียน (20)
			แมคโครสโกปิค (3)	ซับ-แมคโครสโกปิค (3)	ซิมโบลิค (3)				
1	40	9	117	85	102	304	7.60	0.59	
2	40	9	113	87	99	299	7.48	0.75	
3	40	9	114	90	93	297	7.43	0.81	
4	40	9	108	86	94	288	7.20	0.56	
5	40	9	115	88	97	300	7.50	0.68	
6	40	9	107	89	99	295	7.38	0.77	
รวม						**1783**	**44.58**	**1.63**	**651**
ร้อยละ						**82.55**			**81.38**
$\overline{X}$									**16.28**
S.D									**1.63**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 5 ผลจากการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนได้คะแนนจากกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างทำกิจกรรมตามใบงานได้คะแนนเฉลี่ย 44.58 จากคะแนนเต็ม 54 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.55 และคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นจากการทำกิจกรรม เท่ากับ 16.28 คิดเป็นร้อยละ 81.38 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 82.55 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 81.38 ดังนั้นประสิทธิภาพของคะแนนรวมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (E_1/E_2) มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.55/81.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การตรวจให้คะแนนชิ้นงาน การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และการทำแบบทดสอบการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ผู้วิจัยขอรายงานความเข้าใจของนักเรียนตามแนวคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic level) ระดับซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) และระดับซิมโบลิค (Symbolic level) ดังนี้

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาแนวคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง พันธะไอออนิกและพันธะโคเวเลนต์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

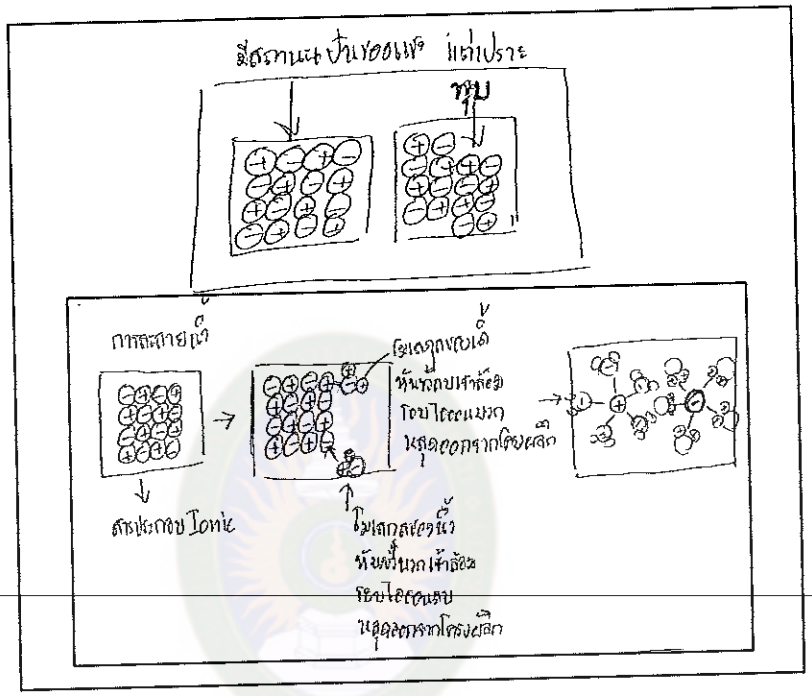
1. พันธะไอออนิก

1.1 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

จากข้อคำถามในแบบทดสอบที่ถามว่า “ข้อใดไม่ใช่สมบัติของสารประกอบไอออนิก” พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้องว่า “เหนียวทุบไม่แตก” ไม่ใช่สมบัติของสารประกอบไอออนิก สมบัติที่ถูกต้องคือ “เป็นของแข็งแต่เปราะ ที่เปราะเพราะเมื่อทุบผลึกจะทำให้โมเลกุลเลื่อนไถล เป็นผลให้ไอออนชนิดเดียวกันเลื่อนมาอยู่ตรงกันทำให้ผลึกแยกออกจากกัน” คิดเป็นร้อยละ 80 และพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสารประกอบไอออนิกว่า “เมื่อมีสถานะเป็นของแข็งจะนำไฟฟ้าได้ดี” คิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ที่ครูแสดงตัวอย่างสารประกอบไอออนิก ประกอบการตอบคำถามในการสัมภาษณ์ พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง และสามารถบอกสมบัติได้ว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

"เป็นของแข็ง จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง ไม่นำไฟฟ้าเมื่อเป็นของแข็ง แต่จะนำไฟฟ้าเมื่อเป็นของเหลวหรือสารละลาย และละลายน้ำได้" คิดเป็นร้อยละ 66.67 ดังแสดงในภาพที่ 2 แสดงสมบัติของสารประกอบไอออนิก



ภาพที่ 2 แสดงสมบัติของสารประกอบไอออนิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจในระดับซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในผลึกของสารที่รวมกันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก ว่ามีลักษณะของโครงสร้าง ประกอบไปด้วยไอออนบวกและไอออนลบยึดเหนี่ยวกันในลักษณะสามมิติ เป็นผลึกแข็งเปราะ ที่เปราะเพราะว่า เนื่องจากแรงทุบผลึกจะทำให้โมเลกุลเลื่อนไถลเป็นผลให้ไอออนชนิดเดียวกันเลื่อนมาอยู่ตรงกัน ทำให้ผลึกแยกออกจากกัน ถ้าต้องการแยกผลึกสารประกอบไอออนิกออกจากกัน จำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนมาก ดังนั้นจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารประกอบไอออนิกจึงสูง ส่วนการนำไฟฟ้าและการละลายน้ำ นักเรียนอธิบายว่าการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบที่ละลายในน้ำได้ เพราะว่าน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นน้ำก็จะหันด้านขั้วบวกเข้าล้อมรอบไอออนลบของสารประกอบไอออนิก ส่วนด้านที่เป็นขั้วลบเข้าล้อมรอบไอออนบวก ผิวของสารประกอบไอออนิกค่อยๆ หลุดออกหมดทั้งก้อน การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกจะนำไฟฟ้าได้ เมื่อไอออนบวก

และไอออนลบเคลื่อนที่ออกจากกัน ดังนั้นหากต้องการให้สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้ จะต้องทำให้อยู่ในรูปของของเหลวหรือสารละลาย และจากการตอบคำถามของการสัมภาษณ์เรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก ดังนี้

ครูถามว่า ----> สมบัติสารประกอบไอออนิกมีสมบัติอะไรบ้าง

นักเรียนตอบว่า ----> มีสถานะเป็นของแข็งแต่เปราะ จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงค่ะ

ครูถามว่า ----> ทำไมเป็นของแข็งแต่เปราะ

นักเรียนตอบว่า ----> เพราะสารประกอบไอออนิกยึดเหนี่ยวกันระหว่างไอออนบวกและไอออนลบในลักษณะสามมิติจึงเป็นผลึกแข็งเปราะ ที่เปราะเพราะว่า เมื่อทุบผลึกก็จะทำให้ไอออนชนิดเดียวกัน เลื่อนมาอยู่ตรงกัน ทำให้ผลึกแยกออกจากกันค่ะ

ครูถามว่า ----> ทำไมจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง

นักเรียนตอบว่า ----> เพราะสารประกอบไอออนิกยึดเหนี่ยวกันระหว่างไอออนบวกและไอออนลบในลักษณะสามมิติจึงเป็นผลึกแข็ง ถ้าต้องการแยกออกจากกันต้องใช้พลังงานมากในการแยกอนุภาคออกจากกัน จุดเดือดจุดหลอมเหลวจึงสูงค่ะ

ครูถามว่า ----> มีสมบัติอื่นอีกหรือไม่

นักเรียนตอบว่า ----> ละลายน้ำได้และนำไฟฟ้าได้ค่ะ

ครูถามว่า ----> ทำไมละลายน้ำได้

นักเรียนตอบว่า ----> เพราะว่าน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้วดังนั้นน้ำก็จะหันด้านขั้วบวกเข้าล้อมรอบไอออนลบ ส่วนด้านที่เป็นขั้วลบเข้าล้อมรอบไอออนบวกทำให้ไอออนเหล่านั้นหลุดออกจากผลึกของสารประกอบค่ะ

ครูถามว่า ----> ทำไมนำไฟฟ้าได้

นักเรียนตอบว่า ----> เพราะเมื่อผลึกละลายน้ำไอออนบวกและไอออนลบในน้ำเคลื่อนที่จึงทำให้สารละลายของสารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้ค่ะ

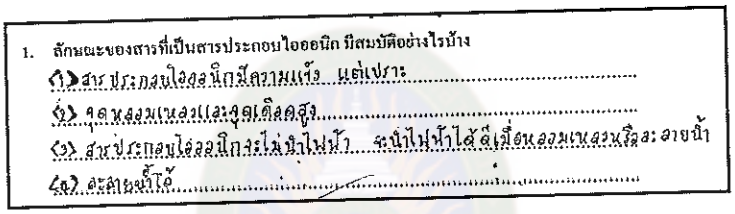
ครูถามว่า ----> เป็นของแข็งนำไฟฟ้าได้หรือไม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นักเรียนตอบว่า ----> ไม่นำไฟฟ้าเนื่องจากไอออนบวกและไอออนลบยึดเกาะกันแน่นและเคลื่อนที่ไม่ได้ค่ะ

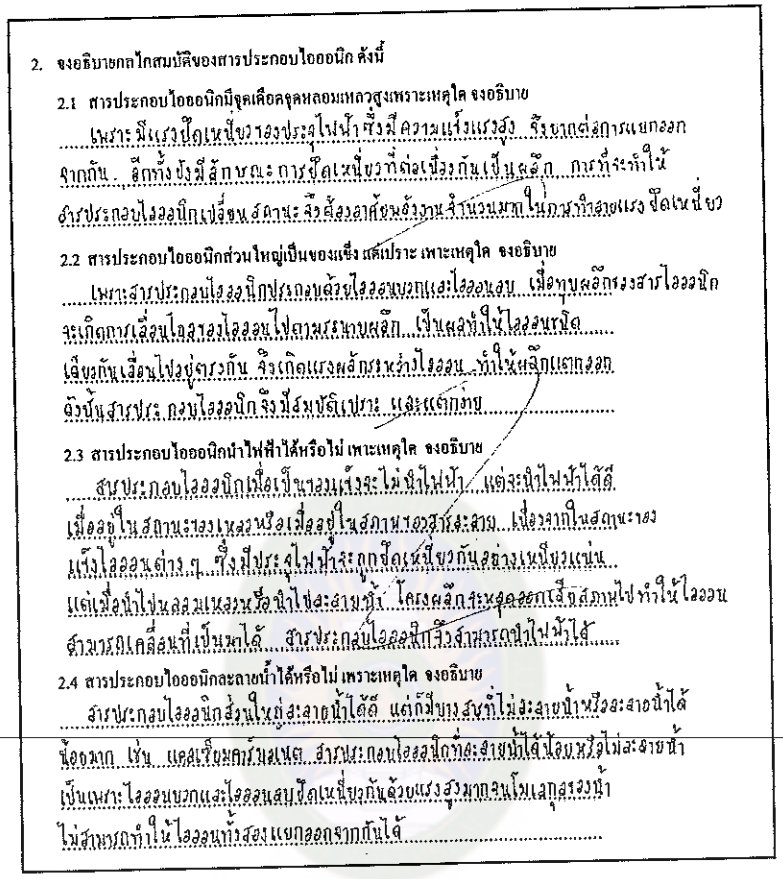
(วนิสา ชาเขียว(นามสมมติ). 11 มกราคม 2555 : การสัมภาษณ์)

ซึ่งสอดคล้องกับการทำกิจกรรมใบงานนักเรียนสามารถทำได้ถูกต้อง ใบงานในภาพที่ 3 นักเรียนสามารถบอกสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง และ ใบงานในภาพที่ 4 นักเรียนสามารถอธิบายกลไกสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 82.50 ดังนี้


1. ลักษณะของสารที่เป็นสารประกอบไอออนิก มีสมบัติอย่างไรบ้าง
(1) สารประกอบไอออนิกมีความแข็ง แต่เปราะ
(2) จุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
(3) สารประกอบไอออนิกจะไม่นำไฟฟ้า จะนำไฟฟ้าได้ดีเมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำ
(4) ละลายน้ำได้

ภาพที่ 3 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



2. จงอธิบายกลไกสมบัติของสารประกอบไอออนิก ดังนี้

2.1 สารประกอบไอออนิกมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงเพราะเหตุใด จงอธิบาย

เพราะมีแรงดึงเหนี่ยวของประจุไฟฟ้าซึ่งมีความแข็งแรงสูง ยิ่งยากต่อการแยกออกจากกัน ลักทั้งยังมีลักษณะการจัดเหนี่ยวที่ต่อเนื่องกันเป็นผลึก การที่จะทำให้สารประกอบไอออนิกเปลี่ยนสถานะจึงต้องอาศัยพลังงานจำนวนมากในการทำลายแรงจัดเหนี่ยว

2.2 สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่เป็นของแข็ง แต่เปราะ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

เพราะสารประกอบไอออนิกประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบ เมื่อทุบผลึกของสารไอออนิกจะเกิดการเลื่อนไอออนไปตามระนาบผลึก เป็นผลทำให้ไอออนชนิดเดียวกันเลื่อนไปอยู่ชิดกัน จึงเกิดแรงผลักระหว่างไอออน ทำให้ผลึกแตกออกดังนั้นสารประกอบไอออนิกจึงมีสมบัติเปราะ และแตกหัก

2.3 สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

สารประกอบไอออนิกเมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า แต่จะนำไฟฟ้าได้ดีเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวหรือเมื่ออยู่ในสภาพของสารละลาย เนื่องจากในสถานะของแข็งไอออนต่าง ๆ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าจะถูกจัดเหนี่ยวกันอย่างเหนียวแน่น แต่เมื่อนำไปหลอมเหลวหรือนำไปละลายน้ำ โครงผลึกจะหลุดออกเสียสภาพไป ทำให้ไอออนสามารถเคลื่อนที่เป็นอิสระได้ สารประกอบไอออนิกจึงสามารถนำไฟฟ้าได้

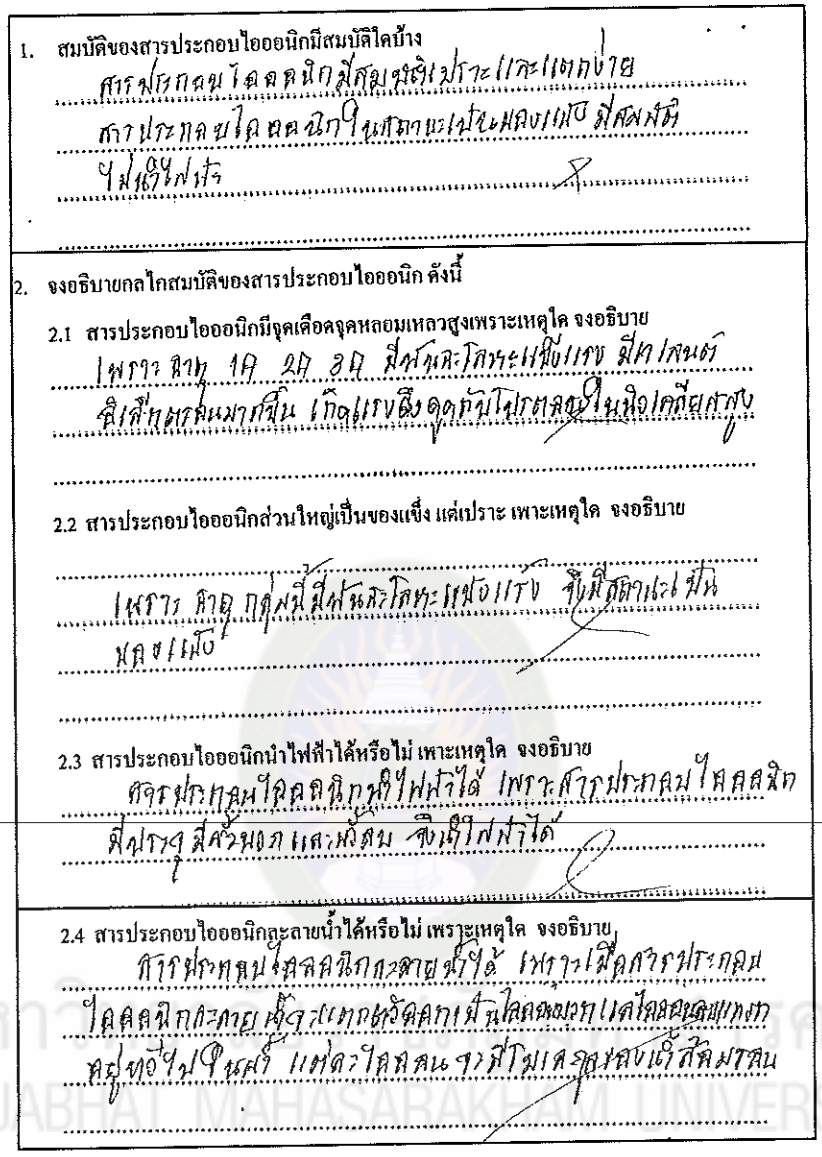
2.4 สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่จะละลายน้ำได้ดี แต่ก็มีบางสารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต สารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำได้น้อยหรือไม่ละลายน้ำเป็นเพราะไอออนบวกและไอออนลบจับเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดมากจนโมเลกุลของน้ำไม่สามารถทำให้ไอออนทั้งสองแยกออกจากกันได้

ภาพที่ 4 กลไกสมบัติของสารประกอบไอออนิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มีนักเรียนบางกลุ่ม พบว่า บอกสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้บางชนิด เช่น เป็นของแข็ง จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง แต่อธิบายไม่ได้ว่าทำไมสมบัติของสารประกอบไอออนิกถึงเป็นเช่นนั้น คิดเป็นร้อยละ 33.33 ซึ่งสอดคล้องกับการทำกิจกรรมใบงานในภาพที่ 5 นักเรียนบอกสมบัติและอธิบายกลไกสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้ไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 17.50


1. สมบัติของสารประกอบไอออนิกมีสมบัติใดบ้าง
สารประกอบไอออนิกมีสถานะเป็นของแข็งและแตกง่าย
สารประกอบไอออนิกจำนวนมากละลายน้ำได้ดี
นำไฟฟ้าได้

2. จงอธิบายกลไกสมบัติของสารประกอบไอออนิก ดังนี้

2.1 สารประกอบไอออนิกมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงเพราะเหตุใด จงอธิบาย
เพราะ ธาตุ 1A 2A 3A มีสถานะโลหะแข็งแรง มีความหนาแน่นสูงมาก เกิดแรงดึงดูดกันไว้ค่อนข้างสูง

2.2 สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่เป็นของแข็ง แต่เปราะ เพราะเหตุใด จงอธิบาย
เพราะ ธาตุกลุ่มนี้มีสถานะโลหะแข็งแรง จึงมีความหนาแน่นมาก

2.3 สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย
สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้ เพราะสารประกอบไอออนิกมีประจุลบและประจุบวก จึงนำไฟฟ้าได้

2.4 สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย
สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้ เพราะมีสารประกอบไอออนิกละลายน้ำจำนวนมาก และไอออนบวกกับไอออนลบ หรือโมเลกุลมีแรงดึงดูดกัน

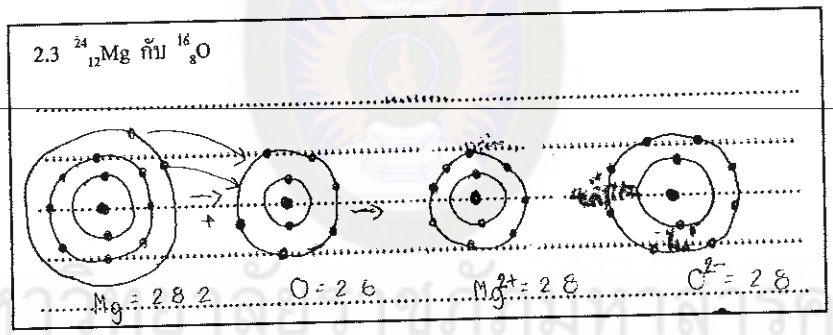
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 5 สมบัติและกลไกสมบัติของสารประกอบไอออนิกที่ไม่ถูกต้อง

1.2 การเกิดสารประกอบไอออนิก

จากข้อคำถามในแบบทดสอบที่ถามว่า “พันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนประเภทใด” พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า “พันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ เหตุผลเพราะว่า โลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำให้อิเล็กตรอนได้ง่าย แสดงไอออนเป็นบวก ธาตุอโลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงรับอิเล็กตรอนได้ดี แสดงประจุลบมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า “พันธะไอออนิก

เกิดระหว่างไอออนลบกับไอออนลบ และให้เหตุผลว่าอะตอมของธาตุเหล่านั้นมีการเอาอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน" คิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ครูได้แสดงสูตรสารประกอบไอออนิกในการสัมภาษณ์ พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง และสามารถบอกได้ว่าพันธะไอออนิก เป็นพันธะที่เกิดระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะหรือเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจในระดับซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกว่า เพราะธาตุโลหะเป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำ ให้อิเล็กตรอนได้ง่าย แสดงประจุเป็นบวก ส่วนธาตุอโลหะเป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง รับอิเล็กตรอนได้ดี แสดงประจุเป็นลบ" โดยการเขียนแผนภาพจำลองแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานของธาตุ แสดงการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 83.33 ดังภาพที่ 6 การจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานและการให้และรับอิเล็กตรอน

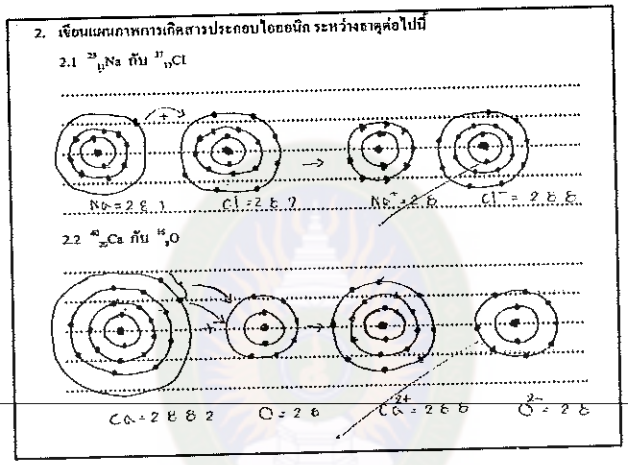


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 6 การจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานและการให้และรับอิเล็กตรอน

ซึ่งนักเรียนอธิบายว่าถ้านำธาตุ $_{12}Mg$ และธาตุ $_{8}O$ สร้างพันธะกัน นักเรียนอธิบายว่าเมื่อจัดเรียงอิเล็กตรอน $_{12}Mg$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 2 แสดงว่า มี 3 ระดับพลังงาน มีอิเล็กตรอนวงนอกเป็น 2 ต้องให้อิเล็กตรอนวงนอกไป 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อให้อิเล็กตรอนไป 2 อิเล็กตรอน อะตอมของธาตุแมกนีเซียม มีประจุเป็น Mg^{2+} ส่วนธาตุ $_{8}O$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 6 แสดงว่า มี 2 ระดับพลังงาน มีอิเล็กตรอนวงนอกเป็น 6

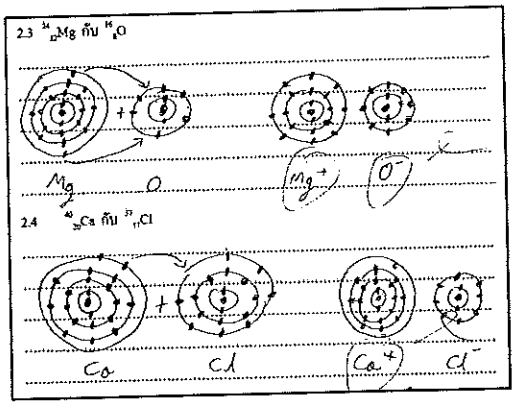
ต้องรับอิเล็กตรอนวงนอกอีก 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อรับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอน อะตอมของธาตุออกซิเจน มีประจุเป็น O^{2-} ดังนั้น เมื่อธาตุแมกนีเซียม ให้อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน ธาตุออกซิเจน ต้องการรับอิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน ดังนั้น ธาตุแมกนีเซียม กับ ธาตุออกซิเจน รวมกันเกิดสารประกอบไอออนิกได้เป็น แมกนีเซียมออกไซด์(MgO) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมตามใบงานในภาพที่ 7 นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนจนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 84.44



ภาพที่ 7 การเขียนภาพจำลองแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนของอะตอม

นอกจากนี้มีนักเรียนบางกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 16.67 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน เกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิกว่า สารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของโลหะกับอโลหะ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่า พันธะไอออนิกเกิดจากธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่างกันอย่างไร และไม่สามารถเขียนแผนภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานได้ นักเรียนไม่สามารถเขียนแผนภาพแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนในการเกิดเป็นสารประกอบได้ เนื่องจากไม่ทราบจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดของธาตุนั้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมตามใบงานในภาพที่ 8 นักเรียนเขียนแผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 15.56

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

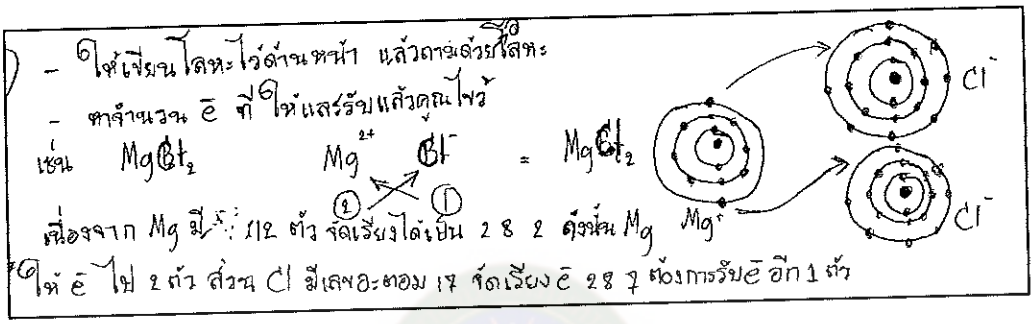


ภาพที่ 8 การจัดเรียงอิเล็กตรอนแสดงการให้และรับอิเล็กตรอน
เกิดเป็นสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง

1.3 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

จากข้อคำถามในแบบทดสอบที่ถามว่า "ธาตุที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างธาตุ $_{38}Sr$ กับ ธาตุ $_{16}S$ เขียนสูตรสารประกอบไอออนิกได้อย่างไร" พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า "ธาตุสทรอนเซียม จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 18 , 8 , 2 เป็นโลหะหมู่ 2 ให้อิเล็กตรอน 2 ตัว ธาตุซัลเฟอร์ จัดเรียงอิเล็กตรอน เป็น 2 , 8 , 6 เป็นอโลหะหมู่ 6 รับอิเล็กตรอน 2 ตัว จึงเขียนสูตรได้เป็น SrS" คิดเป็นร้อยละ 80 และพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่า "ธาตุสทรอนเซียม จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 18 , 2 เสีย 2 อิเล็กตรอน จึงจะเสถียร ธาตุซัลเฟอร์ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 6 รับ 6 อิเล็กตรอน จึงจะเสถียร สูตรที่เขียนได้จึงผิด" คิดเป็นร้อยละ 20 และข้อคำถามที่ถามว่า "สารประกอบที่มีสูตรเป็น $CaCl_2$ เรียกชื่อว่าอย่างไร" พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง "สามารถเรียกชื่อสารประกอบได้ว่า แคลเซียมคลอไรด์ โดยมีหลักการว่า เรียกชื่อธาตุอะตอมหน้าตามด้วยธาตุอะตอมหลังแล้วเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไ-ด์" คิดเป็นร้อยละ 80 และพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายของธาตุอโลหะ" คิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 83.33 และสามารถใช้ความเข้าใจในระดับซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) อธิบายการเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก โดยจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมของธาตุในแต่ละระดับพลังงานของธาตุ แสดงการให้และรับอิเล็กตรอนของอะตอมของธาตุรวมกันเกิดเป็นสารประกอบ โดยนักเรียนอธิบายว่า อะตอมของธาตุแมกนีเซียม กับ ธาตุคลอรีน แมกนีเซียมจัดเรียง

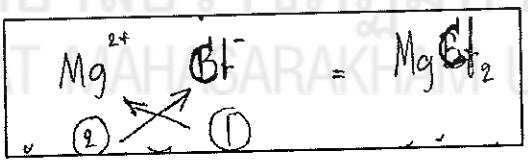
อิเล็กตรอนเป็น 2,8,2 แสดงว่า อิเล็กตรอนวงนอกเป็น 2 ต้องให้อิเล็กตรอนวงนอกไป 2 อิเล็กตรอน ส่วนธาตุคลอรีนจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2,8,7 แสดงว่า อิเล็กตรอนวงนอกเป็น 7 ต้องรับอิเล็กตรอนวงนอกอีก 1 อิเล็กตรอน จากนั้นให้เขียนอะตอมธาตุโลหะก่อนคือ ธาตุแมกนีเซียม แล้วตามด้วยธาตุอโลหะ คือธาตุคลอรีน ดังภาพที่ 9 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงาน



ภาพที่ 9 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงาน

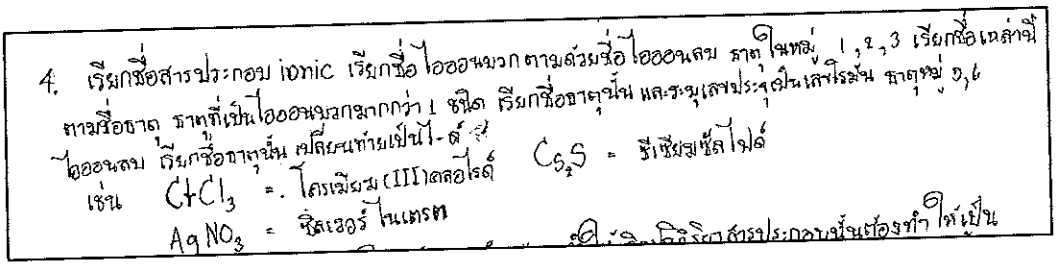
ส่วนในระดับซิมโบลิค (Symbolic level) นักเรียนอธิบายได้ว่า การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก ให้เขียนอะตอมของธาตุโลหะหรือไอออนบวกก่อนแล้วตามด้วยอะตอมของอโลหะหรือไอออนลบ จากนั้นทำจำนวนประจุให้เป็นกลาง หรือนำจำนวนอะตอมที่ให้หรือรับมาคูณไขว้ดังภาพที่ 10 การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



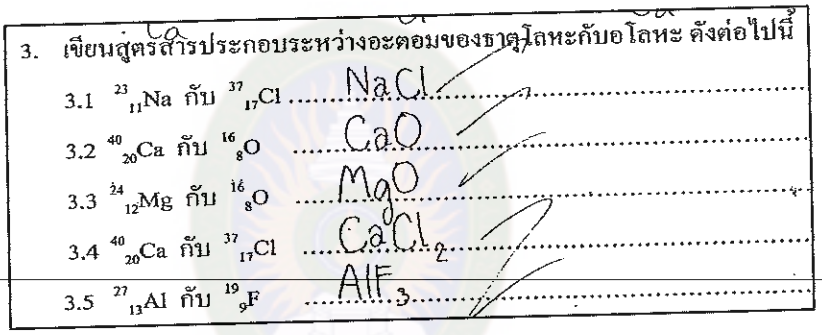
ภาพที่ 10 การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก

สูตรที่ได้คือ $MgCl_2$ ส่วนการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกนักเรียนอธิบายว่า ให้อ่านชื่ออะตอมหรือไอออนของธาตุตัวหน้าตามปกติ ถ้าเป็นธาตุแทรนซิชันให้ระบุจำนวนประจุเป็นตัวเลขโรมัน เช่น Cu^{2+} อ่านว่า คอปเปอร์(II)ไอออน แล้วตามด้วยอะตอมหรือไอออนลบ เปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไ-ด์ เช่น ธาตุคลอรีน เปลี่ยนเป็น คลอไรด์ ยกเว้นกลุ่มไอออนลบให้อ่านชื่อเฉพาะ CO_3 อ่านว่า คาร์บอเนต ดังภาพที่ 11 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก



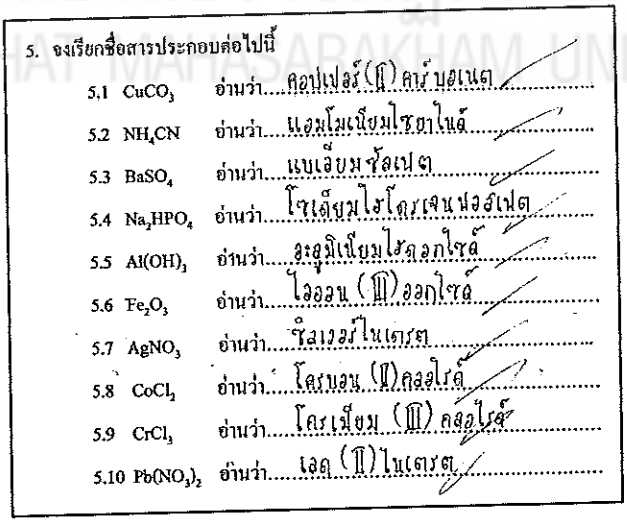
ภาพที่ 11 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ซึ่งสอดคล้องกับการทำกิจกรรมทำใบงานในภาพที่ 12 นักเรียนเขียนสูตรสารประกอบได้ถูกต้อง และ ใบงานภาพที่ 13 นักเรียนเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 83.06



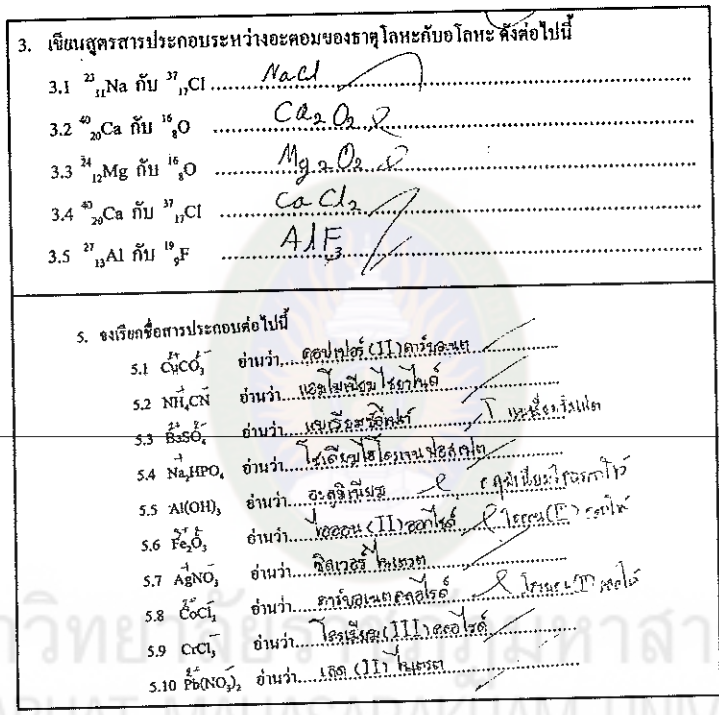
ภาพที่ 12 การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 13 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

แต่มีนักเรียนบางกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 16.67 ที่ยังเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกยังไม่ถูกต้อง เพราะนักเรียนยังบอกไม่ได้ว่าธาตุนั้นให้อิเล็กตรอนกี่อิเล็กตรอน และรับอิเล็กตรอนกี่อิเล็กตรอนถึงจะทำให้อิเล็กตรอนวงนอกครบ 8 ส่วนการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้าย และระบุจำนวนเลขออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชันไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับการทำกิจกรรมใบงานในภาพที่ 14 นักเรียนเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 16.94


3. เขียนสูตรสารประกอบระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะ ดังต่อไปนี้

3.1 $^{23}_{11}Na$ กับ $^{37}_{17}Cl$ ..... NaCl .....

3.2 $^{40}_{20}Ca$ กับ $^{16}_{8}O$ ..... Ca_2O_2 .....

3.3 $^{24}_{12}Mg$ กับ $^{16}_{8}O$ ..... Mg_2O_2 .....

3.4 $^{40}_{20}Ca$ กับ $^{37}_{17}Cl$ ..... $CaCl_2$ .....

3.5 $^{27}_{13}Al$ กับ $^{19}_{9}F$ ..... AlF_3 .....

5. จงเรียกชื่อสารประกอบต่อไปนี้

5.1 $Cu^{2+}CO_3^{2-}$ อ่านว่า..... คอปเปอร์ (II) คาร์บอเนต .....

5.2 $NH_4^+CN^-$ อ่านว่า..... แอมโมเนียม ไซยาไนด์ .....

5.3 $Ba^{2+}SO_4^{2-}$ อ่านว่า..... เบเรียมซัลเฟต .....

5.4 $Na_2^+HPO_4^{2-}$ อ่านว่า..... โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต .....

5.5 $Al(OH)_3$ อ่านว่า..... อะลูมิเนียม ..... (.....)

5.6 $Fe_2^{3+}O_3^{2-}$ อ่านว่า..... ไอออน (II) ออกไซด์ ..... (.....)

5.7 $Ag^+NO_3^-$ อ่านว่า..... ซิลเวอร์ ไนเตรต .....

5.8 $Co^{2+}Cl_2^-$ อ่านว่า..... คาร์บอเนต คลอไรด์ ..... (.....)

5.9 $CrCl_3^-$ อ่านว่า..... โครเมียม (III) คลอไรด์ .....

5.10 $Pb^{4+}(NO_3^-)_2$ อ่านว่า..... เลด (II) ไนเตรต .....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

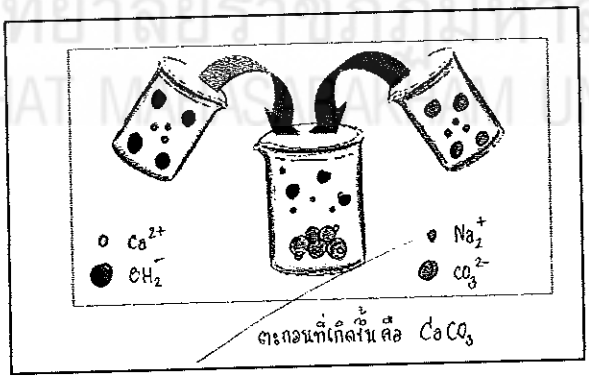
ภาพที่ 14 การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

1.4 การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

จากข้อคำถามในแบบทดสอบที่ถามว่า "เมื่อผสมสารละลายแต่ละคู่ต่อไปนี้คู่ใดเกิดปฏิกิริยา" พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า "ถ้าผสมสารละลาย $Ba(NO_3)_2$ กับสารละลาย $(NH_4)_2SO_4$ จะเกิดปฏิกิริยาเพราะ เมื่อนำของเหลวสองชนิดมาทำปฏิกิริยากัน ไอออนรวมตัวกันได้สารใหม่ที่ไม่ละลายน้ำจึงสังเกตเห็นตะกอนเกิดขึ้น" คิดเป็นร้อยละ 60 และพบว่านักเรียนบางกลุ่มมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า "ถ้านำสารละลาย $CaCl_2$ กับ สารละลาย KBr มาทำปฏิกิริยากัน จะมีการให้และรับอิเล็กตรอนได้สารใหม่สองชนิด"

คิดเป็นร้อยละ 40 และข้อคำถามที่ถามว่า "ข้อใดต่อไปนี้เป็นสมการไอออนิกสุทธิที่เกิดจากการผสมสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ กับ Na_2SO_4" พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า "สารละลาย $Pb(NO_3)_2$ กับ Na_2SO_4 เกิดปฏิกิริยาสามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้เป็น $Pb^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow PbSO_4(s)$ เพราะ สมการไอออนิกสุทธิเขียนแสดงเฉพาะไอออนที่เข้าทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์" คิดเป็นร้อยละ 60 และพบว่านักเรียนบางกลุ่มมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า "สารละลายสองชนิดเมื่อนำมาทำปฏิกิริยากันมีการแลกเปลี่ยนไอออนกันเกิดเป็นผลิตภัณฑ์แล้วเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้เป็น $Pb(NO_3)_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + 2NaNO_3(aq)$" คิดเป็นร้อยละ 40 ซึ่งสอดคล้องกับผลสัมภาษณ์ พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 66.67 ว่าการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก เกิดจากการนำสารต่างกันสองชนิดมาผสมกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกันได้สารประกอบไอออนิก นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic level) ที่ได้เห็นจากการทดลองการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง สารละลาย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ทำปฏิกิริยากับ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) อธิบายว่า เมื่อนำสารละลายของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ทำปฏิกิริยากับ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) พบว่า มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น ดังภาพที่นักเรียนวาดในภาพที่ 15 ที่เป็นภาพจำลองแสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง สารละลาย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ทำปฏิกิริยากับ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

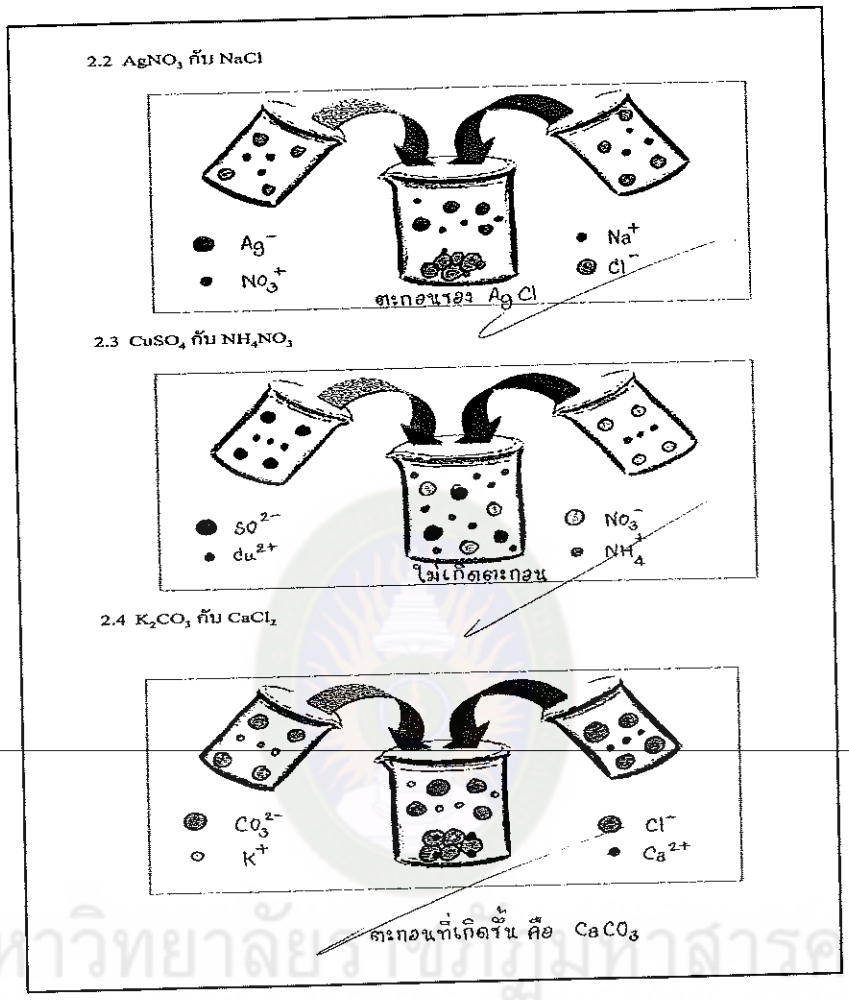
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 15 ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) กับ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

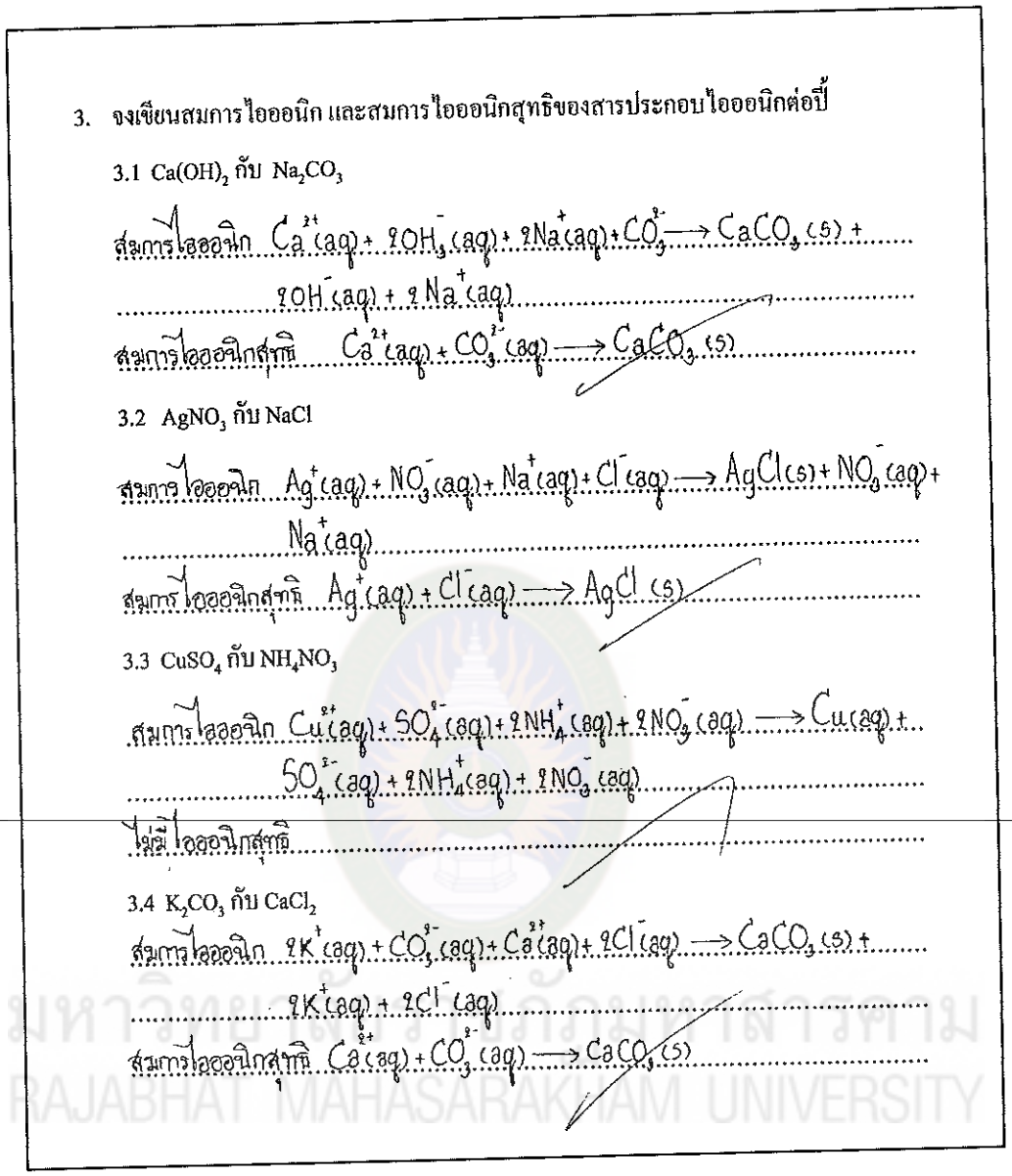
โดยนักเรียนอธิบายว่าในระดับซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) เมื่อสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) จะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกันเป็น $Ca^{2+}(aq)$ กับ $2OH^-(aq)$ ระหว่าง $2Na^+(aq)$ กับ $CaCO_3^{2-}(aq)$ โดยไอออนบวกของสารตัวหน้าไปรวมกับไอออนลบของสารตัวหลัง ไอออนบวกตัวหลังไปรวมกับไอออนลบตัวหน้า ได้สารผลิตภัณฑ์เป็น $CaCO_3(s)$ เพราะเกิดเป็นตะกอน และสามารถอธิบายระดับซิมโบลิค (Symbolic level) จากการเกิดปฏิกิริยาสามารถเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการโดยในการเขียนสมการโมเลกุล ให้เขียนสูตรเคมีของสารโดยไม่เขียนแสดงการแตกตัวเป็นไอออนดังสมการ $Ca(OH)_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + 2NaOH(aq)$ การเขียนสมการไอออนิกให้เขียนสมการที่แสดงไอออนอิสระของสารประกอบไอออนิกในสารละลายครบทุกชนิดดังสมการ $Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) + 2Na^+(aq) + CaCO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + 2OH^-(aq) + 2Na^+(aq)$ ส่วนสมการไอออนิกสุทธิ ให้เขียนสมการที่แสดงเฉพาะไอออนที่เข้าทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ (ที่ไม่ละลายน้ำ) ได้เป็น $Ca^{2+}(aq) + CaCO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$ ซึ่งสอดคล้องกับการทำกิจกรรม จากใบงานภาพที่ 16 นักเรียนสามารถเขียนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง และภาพที่ 17 นักเรียนเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 80

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 16 เขียนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

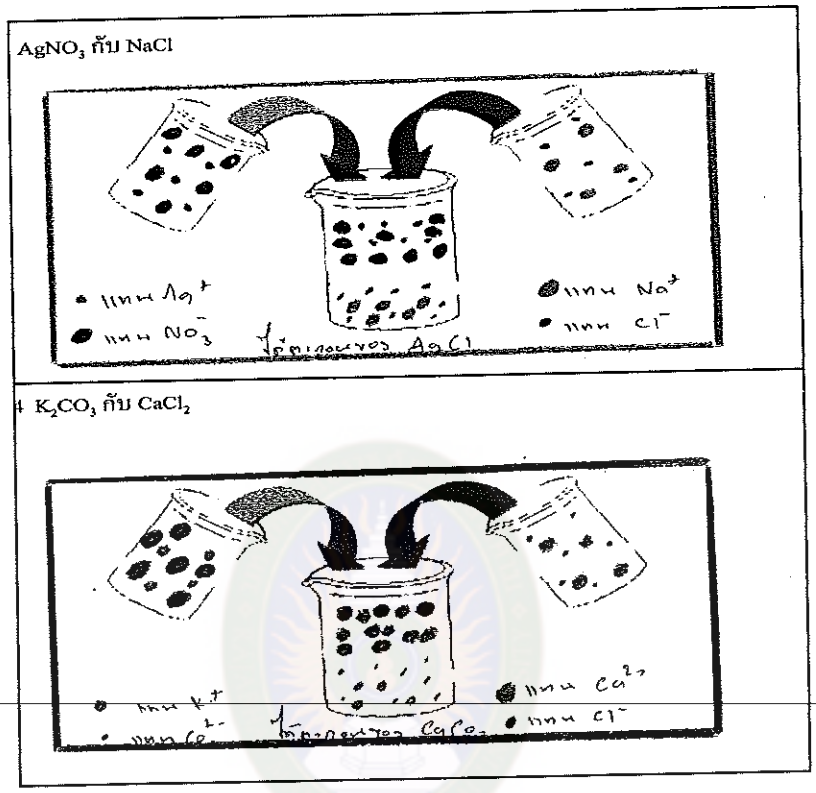


ภาพที่ 17 การเขียนสมการสารประกอบไอออนิก

อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีนักเรียนบางคน คิดเป็นร้อยละ 16.67 บอกไม่ได้ว่าเมื่อนำสารสองชนิดมาผสมกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เกิดสารที่ละลายน้ำหรือได้ตะกอนของสารใด และอธิบายการแลกเปลี่ยนไอออนของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาไม่ได้ และ บอกไม่ได้ว่าสารประกอบไอออนิกใดบ้างละลายน้ำหรือไม่ละลายน้ำ จึงทำให้เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิจากการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับการทำกิจกรรมจากใบงานในภาพที่ 18 นักเรียนไม่สามารถเขียนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยา

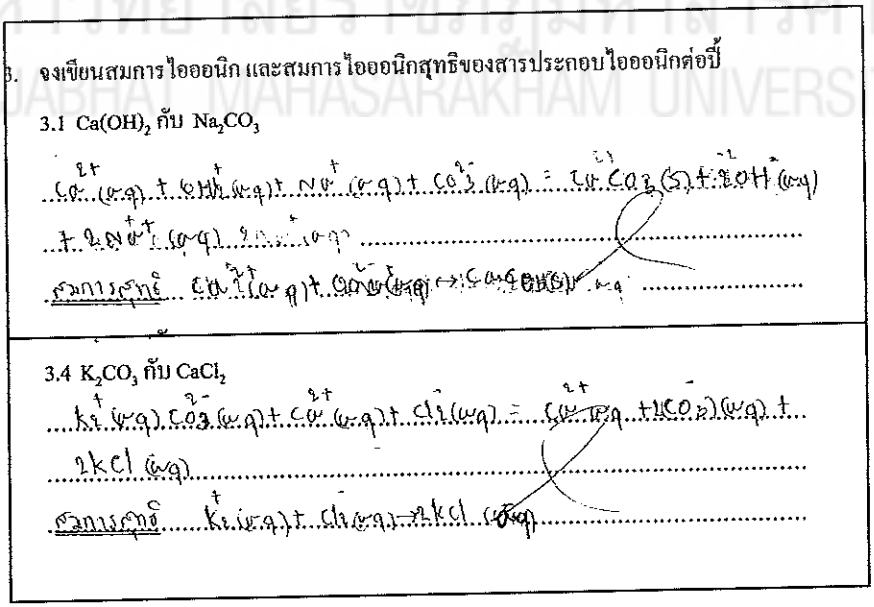
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง และภาพที่ 19 นักเรียนเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 20



ภาพที่ 18 เขียนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกไม่ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

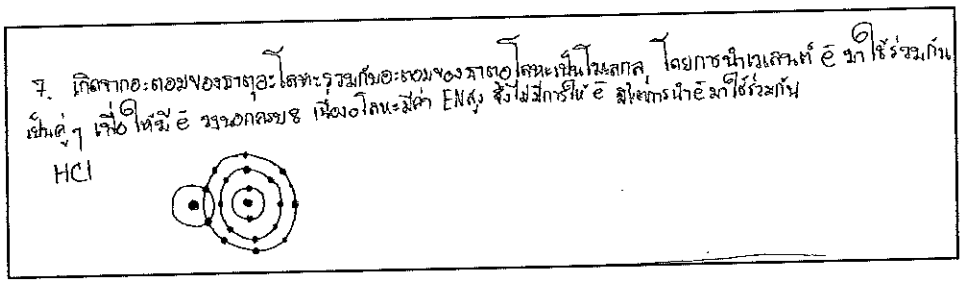


ภาพที่ 19 การเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของสารประกอบ

2. พันธะโคเวเลนต์

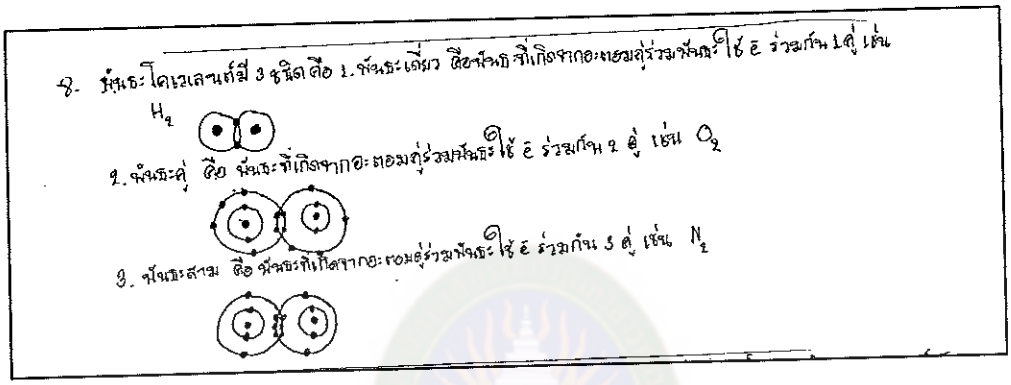
2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

จากข้อคำถามในแบบทดสอบที่ถามว่า "สารประกอบโคเวเลนต์เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุในข้อใด" พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า "สารประกอบโคเวเลนต์เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะ กับ อโลหะ เพราะเป็นพันธะที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงด้วยกัน" คิดเป็นร้อยละ 80 และข้อคำถามที่ถามว่า ในสารประกอบ HCN เป็นพันธะชนิดใด" พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า "เป็นพันธะสามเพราะ ธาตุ C ใช้อิเล็กตรอนร่วมกับ ธาตุ N 3 ตัว อีก 1 ตัว ใช้ร่วมกับธาตุ H ธาตุ C มีอิเล็กตรอน ครบ 8" คิดเป็นร้อยละ 60 อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนบางคนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า "ธาตุ C มี 4 แขน เมื่อใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ เกิดเป็นพันธะคู่เท่านั้น" คิดเป็นร้อยละ 40 ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ที่ครูนำสารประกอบโคเวเลนต์ได้แก่ น้ำตาลทราย เอทานอล ก๊าซไฮโดรเจน และถามนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติของสารโคเวเลนต์ดังกล่าวพบว่า นักเรียนใช้ความเข้าใจในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic level) อธิบายว่า จุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อนำมาละลายน้ำสารละลายละลายน้ำ และเมื่อละลายน้ำจะไม่แตกตัวเป็นไอออน เพราะสารเหล่านี้ไม่มีไอออนบวกและไอออนลบเป็นองค์ประกอบ ไม่นำไฟฟ้า และมีสถานะเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ และพบว่านักเรียนส่วนมากมีแนวคิดที่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 83.33 เกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจในระดับซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ว่า ธาตุอโลหะเป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง จึงรับอิเล็กตรอนได้ดี เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ ดังจะเห็นได้จากภาพที่เขียนแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ดังภาพที่ 20 การเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุ ไฮโดรเจนกับธาตุคลอรีน



ภาพที่ 20 การเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างธาตุไฮโดรเจนกับธาตุคลอรีน

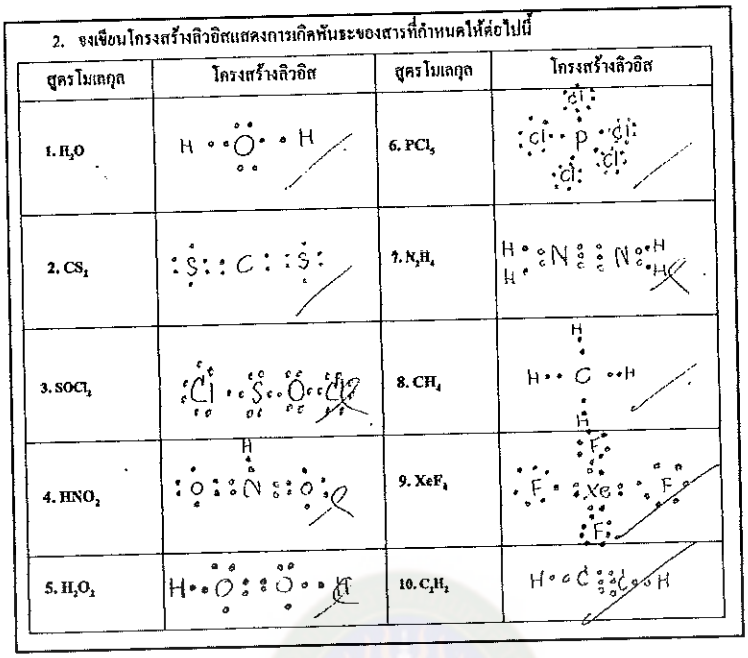
และนักเรียนวาดภาพจำลองการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุคู่ที่รวมกัน เกิดเป็นสารประกอบ แบ่งการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ 1) อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว 2) อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่ และ 3) อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เรียกว่า พันธะสาม ดังภาพที่ 21 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์



ภาพที่ 21 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

อย่างไรก็ตามนักเรียนบางกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 16.67 ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน คือบอกจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดว่ามีเท่าไหร่ได้ แต่เขียนแผนภาพแสดงไม่ได้ว่าต้องนำอิเล็กตรอนไปใช้ร่วมกับอะตอมอื่นอีกกี่ตัว และจะเกิดเป็นพันธะชนิดใดได้บ้าง ดังแสดงในภาพที่ 22 การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบโคเวเลนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



2. จงเขียนโครงสร้างลิวอิสแสดงการเกิดพันธะของสารที่กำหนดให้ต่อไปนี้

สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส
1. H_2O		6. PCl_3	
2. CS_2		7. N_2H_4	
3. $SOCl_2$		8. CH_4	
4. HNO_2		9. XeF_4	
5. H_2O_2		10. C_2H_2	

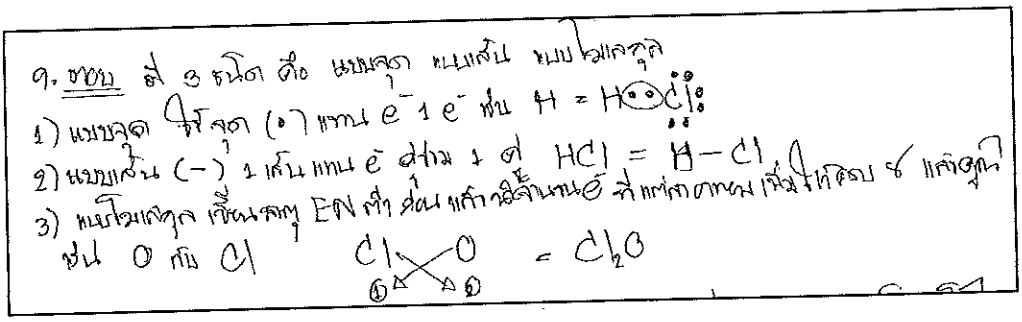
ภาพที่ 22 การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบโคเวเลนต์

2.1 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

จากข้อคำถามในแบบทดสอบที่ถามว่า “อะตอมของ ธาตุ S กับธาตุ C ข้อใดเขียนสูตรโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง” พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า “ธาตุ C อยู่หมู่ 4 ธาตุ ต้องการอิเล็กตรอนอีก 4 ตัว ธาตุ S อยู่หมู่ 6 ต้องการอิเล็กตรอนอีก 2 ตัว เอาจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการคูณไขว้ ทำตัวเลขให้เป็นจำนวนเต็มอย่างต่ำ เขียนสูตรได้เป็น CS_2” คิดเป็นร้อยละ 80 และ นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า “ธาตุ S อยู่หมู่ 6 ต้องการอิเล็กตรอนอีก 6 ตัว ธาตุ C อยู่หมู่ 4 ต้องการอิเล็กตรอนอีก 4 ตัว เอาจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการคูณไขว้ ทำตัวเลขให้เป็นจำนวนเต็มได้สูตรเป็น S_2C” คิดเป็นร้อยละ 20 และข้อคำถามที่ถามว่า “สูตรโมเลกุลของสารที่เกิดจากการรวมตัวของธาตุ X ที่มีเลขอะตอม 14 กับธาตุ Y ที่มีเลขอะตอม 8 ข้อใดถูกต้อง” พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องว่า “ธาตุ X อยู่หมู่ 4 ต้องการอิเล็กตรอน 4 ตัว ธาตุ Y อยู่หมู่ 6 ต้องการอิเล็กตรอนอีก 2 ตัว ได้สูตรเป็น XY_2” คิดเป็น ร้อยละ 80 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า “ธาตุ X อยู่หมู่ 4 ธาตุ Y อยู่หมู่ 6 ได้สูตรเป็น X_3Y_2” คิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ที่พบว่านักเรียนร้อยละ 66.67 สามารถเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

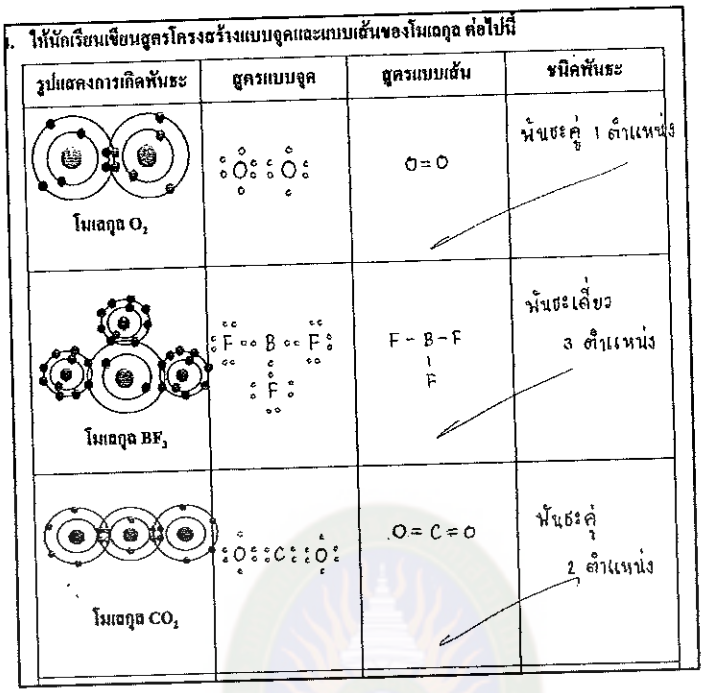
พร้อมทั้งอธิบายหลักการเขียนสูตรได้ถูกต้องทั้งสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล ดังแสดงในภาพที่ 23 การเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล



ภาพที่ 23 การเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล

นักเรียนใช้ความเข้าใจในระดับ ซับ-แมคโครสโกปิค (Sub-macroscopic level) อธิบายว่า สูตรสารประกอบโคเวเลนต์ แบ่งได้เป็น 1) สูตรโครงสร้างแบบจุด โดยใช้จุด 1 (.) จุดแทนอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอน 2) สูตรโครงสร้างแบบเส้น ใช้เส้น 1 (-) เส้นแทนจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้รวมกัน 1 คู่ และ 3) สูตรโมเลกุล นักเรียนสามารถอธิบายการเขียนสูตรโครงสร้างทั้งแบบจุดและแบบเส้น และเขียนแผนภาพการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นสารประกอบได้ โดยนักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างตามที่ครูกำหนดได้ ดังภาพที่ 24 การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบไอออนิก

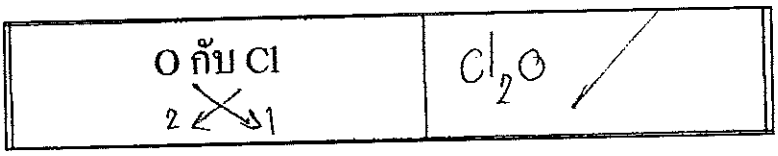
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 24 การเขียนสูตรโครงสร้างสารประกอบไอออนิก

ซึ่งนักเรียนอธิบายว่า ให้ธาตุคาร์บอนเป็นอะตอมกลางเนื่องจากว่าต้องการจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าออกซิเจน คือต้องการ อีก 4 อิเล็กตรอน ส่วนออกซิเจนต้องการอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอน แต่ในสารประกอบนี้ ออกซิเจนมี 2 อะตอม จึงต้องการ 4 อิเล็กตรอน จึงต้องให้คาร์บอนเป็นอะตอมกลางจากนั้นจึงเอาอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกับออกซิเจนข้างละ 2 อิเล็กตรอน จึงเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดได้เป็น :Ö: :C: :Ö: และสูตรโครงสร้างแบบเส้นได้เป็น :Ö = C = Ö: เกิดเป็นพันธะคู่ทั้งสองตำแหน่ง และในระดับซิมโบลิค (Symbolic level) นักเรียนอธิบายว่าการเขียนสูตรโมเลกุลให้เรียงลำดับธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำเป็นธาตุตัวแรก และค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่าเป็นธาตุตัวหลัง จากนั้นหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการเพิ่มอีกจนครบ 8 แล้วนำมาคูณไขว้ เช่น ธาตุออกซิเจนกับ ธาตุคลอรีน ซึ่งธาตุคลอรีน มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำกว่าจึงเขียนเป็นตัวแรก ตัวหลังจึงเป็นธาตุออกซิเจน จากนั้นหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการเพิ่มอีกกี่ตัวจึงจะครบ 8 แล้วนำมาคูณไขว้ เขียนสูตรได้เป็น Cl_2O ดังภาพที่ 25 สูตรโมเลกุลสารประกอบโคเวเลนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 25 สูตรโมเลกุลสารประกอบโคเวเลนต์

และนักเรียนอธิบายการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ว่า ให้บอกจำนวนอะตอมของธาตุตัวแรกเป็นภาษากรีก แต่ถ้ามี 1 อะตอมไม่ต้องระบุจำนวนอะตอม อ่านชื่อธาตุตัวแรก บอกจำนวนอะตอมของธาตุหลัง อ่านชื่อธาตุหลังแล้วเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไ-ด์ ดังภาพที่ 26 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

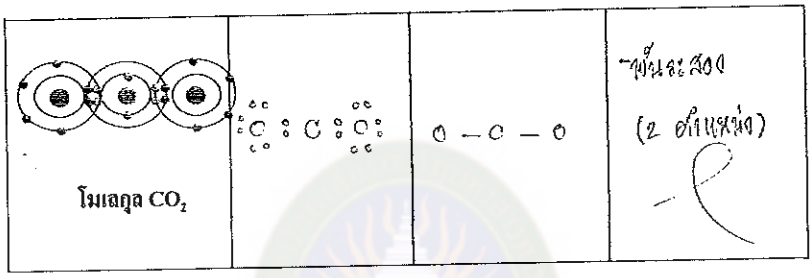
3. จงเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเนต์ต่อไปนี้

ข้อ	สารประกอบระหว่างธาตุ	สูตรโมเลกุล	การเรียกชื่อ
1)	O กับ Cl	OCl_2	ดิออกซิเจนไดคลอไรด์
2)	H กับ As	H_3As	ไตรไฮโดรเจนอาร์เซไนด์
3)	N กับ Br	NBr_3	ไนโตรเจนไตรโบรไมด์
4)	H กับ S	H_2S	ไดไฮโดรเจนซัลไฟด์
5)	S กับ Cl	SCl_2	ซัลเฟอร์ไดคลอไรด์
6)	S กับ C	CS_2	คาร์บอนไดซัลไฟด์
7)	Si กับ Cl	$SiCl_4$	ซิลิคอนเตตระคลอไรด์
8)	Cl กับ P	PCl_3	ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์
9)	B กับ F	BF_3	โบรอนฟลูออไรด์
10)	Cl กับ F	ClF	คลอรีนโมนอฟลูออไรด์

ภาพที่ 26 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แต่มีนักเรียนบางกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 33.33 ที่เขียนสูตรโครงสร้างและสูตรโมเลกุลไม่ถูกต้องเนื่องจาก นักเรียนเขียนแผนภาพการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันไม่ถูกต้องจึงเขียนสูตรโครงสร้างไม่ได้ เรียงลำดับค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี เขียนสูตรโมเลกุลไม่ได้ และนักเรียนบางกลุ่มบอกจำนวนอะตอมเป็นภาษากรีกยังไม่ถูกต้องทุกค่า และเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับใบงานในภาพที่ 27 นักเรียนไม่สามารถเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดและแบบเส้น และ ภาพที่ 28 นักเรียนเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 18.09



ภาพที่ 27 การเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดและแบบเส้น

งเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเนต์ต่อไปนี้

ข้อ	สารประกอบระหว่างธาตุ	สูตรโมเลกุล	การเรียกชื่อ
1)	O กับ Cl	Cl_2O	ไดคลอรีนมอนอกไซด์
2)	H กับ As	H_3As	ไฮโดรเจนมอนอสาเซไนด์
3)	N กับ Br	NBr_3	ไนโตรเจนไตรโบรไมด์
4)	H กับ S	HS_2	ไฮโดรเจนไดซัลไฟด์
5)	S กับ Cl	SCl_2	ซัลเฟอร์ไดคลอไรด์
6)	S กับ C	C_2S	ไดคาร์บอนมอนอซัลไฟด์
7)	Si กับ Cl	S_4Cl	เตตระซัลเฟอร์มอนอคลอไรด์
8)	Cl กับ P	PCl_3	ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์
9)	B กับ F	BF_5	โบรอนเพนตะฟลูออไรด์
10)	Cl กับ F	ClF	คลอรีนมอนอฟลูออไรด์

ภาพที่ 28 การเขียนสูตรโมเลกุลและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โดยสรุปพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 75 เกี่ยวกับสารประกอบไอออนิก สารประกอบโคเวเลนต์ และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ในการอธิบายการสมบัติของสารประกอบไอออนิก และการเกิดสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์ได้ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 25 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติของสารประกอบไอออนิก โดยสามารถบอกสมบัติได้แต่อธิบายเหตุผลไม่ได้ สามารถบอกชนิดของธาตุที่เกิดพันธะเป็นสารประกอบได้ แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอิเล็กตรอนกับพลังงานและการเกิดพันธะได้ ส่งผลให้นักเรียนเขียนสูตรของสารประกอบไม่ถูกต้อง เรียกชื่อสารประกอบไม่ถูกต้อง แสดงการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้ และเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาไม่ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY