บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนโรงเรียนกมลาไสยในจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 32 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยการ คือ เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เพื่อวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี และเพื่อประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นในการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องตลอดการส่อความหมายของข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

4.2 ลำดับขั้นในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 3 การประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ที่จัดกิจกรรมด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีด้วยการใช้แบบจำลอง หรือสัญลักษณ์ ในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ เช่น การวาดภาพ การปั้น การสร้างแบบจำลอง การสร้างสัญลักษณ์ทางเคมี เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่างๆได้ การทำการทดลอง เพื่อให้เห็นภาพหรือเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) การตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้พยายามคิดหาเหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่คำอธิบายในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) แล้วเขียนสัญลักษณ์ที่เป็นสมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา การใช้สื่อรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้แผนภาพ รูปภาพ แบบจำลอง และสื่อแอนิเมชัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็น (แมคโครสโกปิค) อธิบายแสดงการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอม โมเลกุลหรือไอออน (ไมโครสโกปิค) และเข้าใจการสื่อสารในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) เป็นการใช้สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร เพื่อเขียนสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ อะตอมโมเลกุล สารประกอบ และปฏิกิริยาเคมี เช่น สัญลักษณ์เคมีของธาตุ สูตรเคมีต่าง ๆ และโครงสร้างทางเคมีของสาร ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจ สามารถวาดโครงสร้างการเกิดสารประกอบของพันธะต่าง ๆ ได้ และอธิบายลักษณะการเกิดสารต่าง ๆ ได้ถูกต้อง และสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ดังนี้

1. ให้นักเรียนแสดงออกตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพ การสร้างแบบจำลอง การบรรยาย เป็นต้น
2. จัดกิจกรรมการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงภายใน เช่น การแลกเปลี่ยนไอออนของสาร

3. ให้นักเรียนได้เรียนรู้คำศัพท์ และสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง โดยให้รู้หลักการเขียนสมการเคมี เช่น ตำแหน่งของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

4. ให้นักเรียนเขียนสมการเคมี พร้อมวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอะตอม โมเลกุล หรือไอออนสารประกอบ

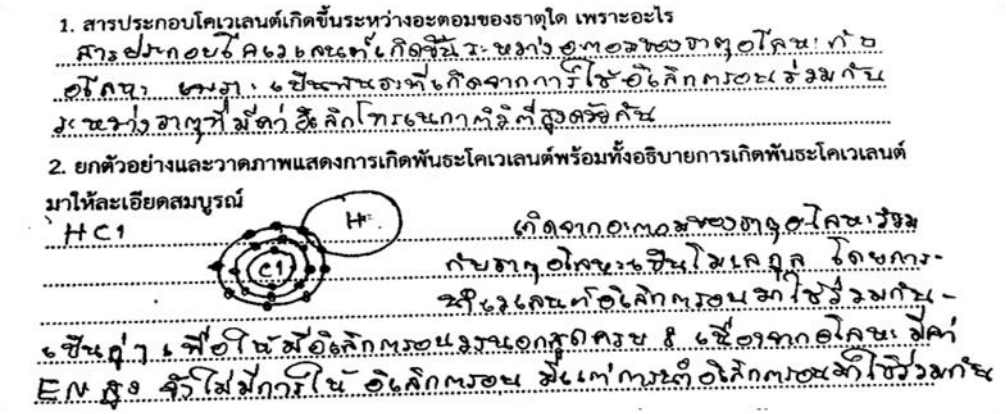
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและอธิบายการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ นักเรียนต้องเข้าใจถึงปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสสารว่าเกิดขึ้นอย่างไร ที่ได้จากการทำการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง หรือการสังเกตรูปร่างลักษณะภายนอก เพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์สิ่งที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จากนั้นนักเรียนต้องเขียนเป็นสัญลักษณ์เพื่อแสดงความเข้าใจและเป็นตัวแทนความคิดของตัวเอง โดยที่ผู้เรียนต้องรู้จักสัญลักษณ์ทางเคมี เพราะความหมายของสัญลักษณ์นั้น จะสามารถอธิบายหรือสื่อความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ เพื่อเป็นการเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และการเชื่อมโยงความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากตัวแทนความคิดทางเคมีเป็นระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีเป็นสิ่งที่ใช้ในการอธิบายถึงความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะและการปฏิบัติของนักเรียน ซึ่งเป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงตัวแทนความคิดจากระดับหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง (Macroscopic Level, Microscopic Level และ Symbolic Level) เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดการสร้างความเข้าใจทางเคมีที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจและเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของเคมี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำกิจกรรมใบงาน ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของนักเรียน ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่ประกอบไปด้วย การเกิดพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ เพื่อแสดงความเข้าใจและสามารถแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี ผู้วิจัยนำเสนอผลการจัดกิจกรรมตามลำดับดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เป็นการอธิบายให้ความหมายสมบัติและลักษณะการเกิดพันธะ แสดงการเขียนแผนภาพการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต เกิดเป็นสารประกอบที่ยึดเหนี่ยวกัน การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ หรือสัญลักษณ์ทางเคมีในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยง

ความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง ๆ ได้ และใช้สื่อแอนิเมชัน เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นอธิบายแสดงการเกิดพันธะ และเข้าใจในการสื่อสารการเขียนสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ โมเลกุล สารประกอบ ในกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนสามารถนำหลักการเกิดพันธะ การเขียนสัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุอโลหะและอโลหะตัวใดตัวหนึ่งได้ซึ่งอยู่ในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) แล้วเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ และสามารถเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์พร้อมทั้งอธิบายหลักการเขียนสูตรได้ทั้งสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล ซึ่งแสดงความเข้าใจในระดับไมโครสโกปิค (Miccroscopic Level) อธิบายหลักการเขียนสูตรว่า การเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์แบ่งได้เป็น 1) สูตรโครงสร้างแบบจุด จะใช้จุด (.) 1 จุด แทนอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอน 2) สูตรโครงสร้างแบบเส้น ใช้เส้น (-)1 เส้น แทนจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่ 3) สูตรโมเลกุล เขียนธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำเป็นธาตุตัวแรก และนำจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการเพิ่มอีกจนครบ 8 แล้วนำมาคูณไขว้กัน โดยนักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างตามที่ครูกำหนดได้ และสามารถแสดงความเข้าใจในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) โดยการเขียนสูตรโครงสร้างได้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำกิจกรรมตามใบงาน เกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี ที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีตามลำดับ และข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของนักเรียนได้ ดังนี้

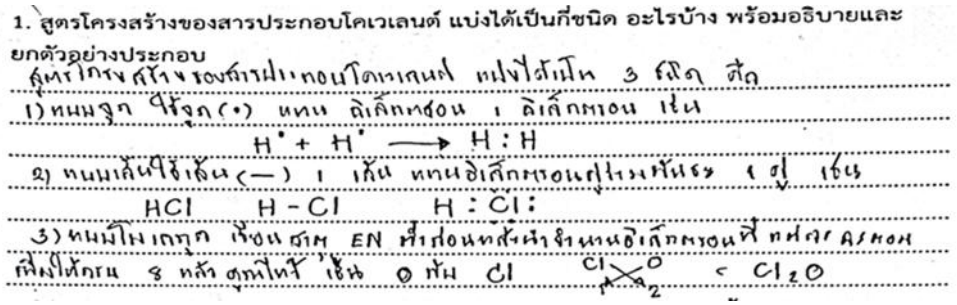
1.1 ระดับแมคโครสโกปิคเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่สัมผัสและสังเกตเห็นได้ชัดเจน จากการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่างๆโดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึก หรือจากการทดลองมาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น เช่น นักเรียนสามารถนำหลักการเกิดพันธะ สัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุอโลหะและอโลหะตัวใดตัวหนึ่งได้ โดยสารประกอบโคเวเลนต์เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะกับอโลหะเพราะเป็นพันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนต์อิเล็กตรอนวงนอกสุดร่วมกันระหว่างธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงด้วยกัน และเกิดจากอะตอมคู่ร่วมพันธะที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ ๆ แล้วเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

จากภาพที่ 4.1 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสูตรโครงสร้างกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

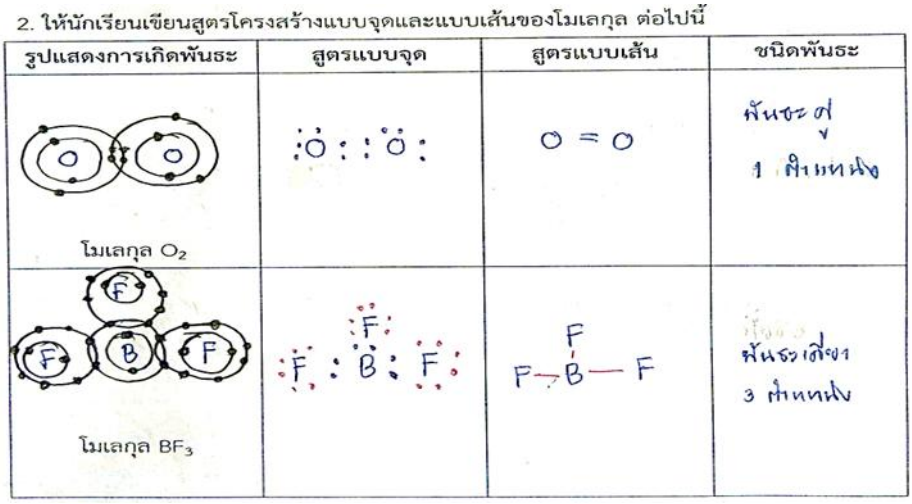
1.2 ระดับไมโครสโกปิค เป็นการอธิบายสิ่งที่สังเกตหรือเห็นได้จากการทดลองในระดับอนุภาค อะตอม หรือโมเลกุล โดยในระดับนี้จะมีลักษณะเป็นแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเขียนสูตรได้ทั้งสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล อธิบายหลักการเขียนสูตรว่า การเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์แบ่งได้เป็น 1) สูตรโครงสร้างแบบจุด จะใช้จุด (.) 1 จุด แทนอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอน 2) สูตรโครงสร้างแบบเส้น ใช้เส้น (-) 1 เส้น แทนจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน 1 คู่ 3) สูตรโมเลกุล เขียนธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำเป็นธาตุตัวแรก และนำจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการเพิ่มอีกจนครบ 8 แล้วนำมาคูณไขว้กันได้เป็นสูตรโมเลกุล ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบโคเวเลนต์

จากภาพที่ 4.2 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจและสามารถอธิบายหลักการเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล สามารถเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์กับสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนมาอธิบายหลักการและเขียนแสดงความเข้าใจในการทำกิจกรรมตามใบงานและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

1.3 ระดับซิมโบลิค เป็นการเชื่อมโยงระดับ Macroscopic และระดับ Microscopic และสามารถแสดงออกโดยใช้แบบจำลอง สูตรโครงสร้างทางเคมี กลไกการเกิดปฏิกิริยา โดยใช้ภาษา สัญลักษณ์ประเภทต่าง ๆ ในการเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดและแบบเส้นของโมเลกุล ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 สูตรโครงสร้างแบบจุดและแบบเส้นของโมเลกุล

จากภาพที่ 4.3 นักเรียนส่วนมากสามารถเขียนแสดงแผนภาพจำลองการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมที่แสดงความเข้าใจการเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุด และสูตรโครงสร้างแบบเส้นได้ และสามารถเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และหลักการเขียนสูตรโครงสร้างกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาก่อนมาเขียนแผนภาพการเขียนสูตรโครงสร้างแสดงความเข้าใจในการทำกิจกรรมตามใบงานและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง และเมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมได้ข้อมูลดังนี้

ครู : พันธะโคเวเลนต์ หมายถึง อะไร

นักเรียน : คือ พันธะที่มีการใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุดร่วมกันเป็นคู่ค่ะ

ครู : ทำไมต้องมีการใช้อิเล็กตรอนวงนอกร่วมกันค่ะ

นักเรียน : เพราะว่า พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากธาตุที่เป็นอโลหะกับอโลหะที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงด้วยกัน จึงนำเอาอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันเพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ค่ะ

ครู : เราต้องดูตรงไหนยังไงเพื่อที่จะให้อิเล็กตรอนครบ 8 ค่ะ

นักเรียน : ดูจากธาตุแต่ละตัวค่ะ ว่าต้องการอิเล็กตรอนอีกกี่ตัว ซึ่งจะดูได้จากตารางธาตุ เช่น ธาตุคลอรีนอยู่หมู่ 7 เวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 แสดงว่า Clต้องการอิเล็กตรอนอีก 1 ตัว แล้วนำคลอรีนอีก 1 ตัว มาใช้อิเล็กตรอนร่วมกันอีก 1 ตัว ค่ะ

ครู : แล้วเราสามารถเขียนสูตรโครงสร้างของลิวอีสได้อย่างไร

นักเรียน : สูตรแบบจุดเขียนได้โดยใช้จุด 1 จุด แทนเวเลนต์อิเล็กตรอน 1 ตัว และเขียนเป็นคู่ไว้ระหว่างอะตอมคู่ที่สร้างพันธะกันอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวจะเขียนรอบสัญลักษณ์ของธาตุ และสูตรแบบเส้นเขียนใช้เส้น 1 เส้น แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ1 คู่ เขียนระหว่างอะตอมคู่ที่สร้างพันธะกันค่ะ

ครู : บอกได้ไหมว่าสูตรของสารประกอบโคเวเลนต์มีกี่แบบอะไรบ้าง

นักเรียน : 3 แบบคือ แบบจุด แบบเส้น และสูตรโมเลกุลค่ะ

ครู : วิธีการเขียนสูตรแต่ละสูตรเขียนได้อย่างไรค่ะ

นักเรียน : สูตรแรกนะค่ะ แบบจุด จะเขียนจุด 1 จุด แทนเวเลนต์อิเล็กตรอน 1 ตัว เขียนรอบ ๆ อะตอม และแบบเส้นก็ใช้เส้น 1 เส้น แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ และ สูตรโมเลกุลก็เขียนธาตุ En ต่ำก่อน แล้วเขียนจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการมาใช้ร่วมกันอีกกี่ตัว แล้วคูณไขว้กัน ค่ะ

ครู : ถ้าเกิดมันสร้างพันธะกันล่ะค่ะ

นักเรียน : ก็เขียนไว้ระหว่างอะตอมที่สร้างพันธะกัน ถ้าเหลืออิเล็กตรอนโดดเดี่ยวก็เขียนไว้รอบ ๆ ธาตุ ค่ะ

จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถเข้าใจและอธิบายถึงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากกลุ่มธาตุที่เป็นอโลหะกับอโลหะ โดยการนำอิเล็กตรอนวงนอกมาใช้ร่วมกันเป็นคู่ เพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต เนื่องจากกลุ่มธาตุที่เป็นอโลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงด้วยกันจึงนำเอาอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะได้

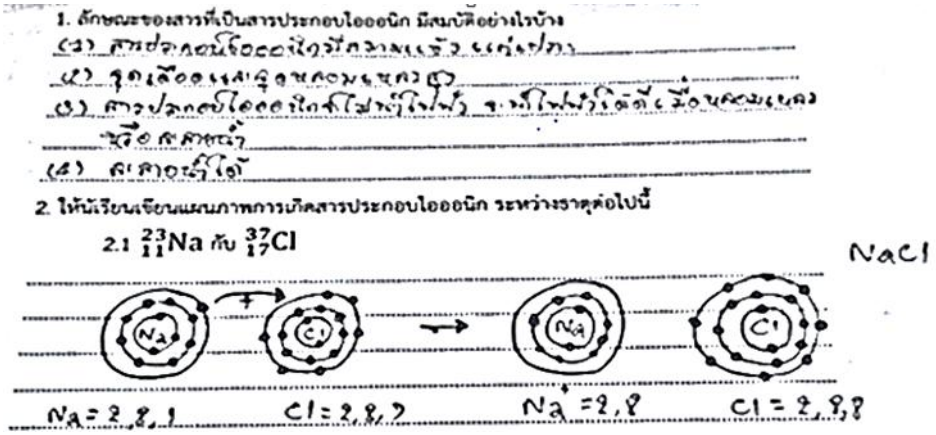
จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงการทำกิจกรรมใบงานและสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ทำให้ทราบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะ สามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และการเขียนสูตรโครงสร้างการเขียนแผนภาพจำลองการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะพัฒนาความเข้าใจระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้เพิ่มขึ้น

2. กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก เป็นการอธิบายให้ความหมาย และลักษณะการเกิดของสารประกอบไอออนิกที่เกี่ยวกับพลังงาน แสดงการเขียนแผนภาพการให้และการรับอิเล็กตรอน การเกิดเป็นไอออน แล้วเกิดแรงยึดเหนี่ยว การใช้สื่อทางคอมพิวเตอร์ให้นักเรียนเห็นภาพอะตอมอโลหะทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนส่วนโลหะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ซึ่งการเกิดพันธะไอออนิกเป็นลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ซึ่งอธิบายในระดับอะตอม ที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนและได้รับอิเล็กตรอนจนอยู่ในสภาพที่เป็นไอออน ส่วนมากการอธิบายในเรื่องนี้มีการใช้ตัวแทนความคิดในระดับ Microscopic และ Symbolic มาอธิบายหลักการเกิดไอออน การเขียนสัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุโลหะและอโลหะตัวใดตัวหนึ่ง ซึ่งอยู่ในระดับแมคโครสโกปิค (Miccroscopic Level) แล้วเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก การทำการทดลองเกี่ยวกับการเกิดพันธะ โดยนำธาตุโซเดียมและแก๊สคลอรีนมาทำปฏิกิริยากัน เพื่อให้นักเรียนได้สังเกตขั้นตอนแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิก และอธิบายการเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการโดยการเขียนสมการไอออนิก กลไกการเกิดปฏิกิริยา สัญลักษณ์ทางเคมีในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางแนวคิดในระดับต่าง ๆ ได้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนสามารถนำหลักการเกิดไอออน สัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุโลหะและอโลหะตัวใดตัวหนึ่งได้แล้วเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก และสามารถอธิบายได้ว่าอะตอมมีการให้และรับอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ โดยอาศัยการสังเกต เช่น อะตอมของธาตุโลหะมีขนาดใหญ่กว่าอโลหะจึงเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน อโลหะจึงทำหน้าที่เป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน โดยนักเรียนมีความเข้าใจในระดับ

Macroscopic และนักเรียนสามารถอธิบายโดยการเขียนแผนภาพจำลองแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานของธาตุ แสดงการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก เป็นการอธิบายความเข้าใจในระดับไมโครสโกปิค (Miccroscopic Level) และสามารถอธิบายในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) สามารถแสดงออกโดยใช้ สมการทางเคมี การเกิดปฏิกิริยา สามารถเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการโดยการเขียนสมการไอออนิก ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำกิจกรรมตามใบงาน เกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี ที่อธิบายความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีตามลำดับ และข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของนักเรียนได้ ดังนี้

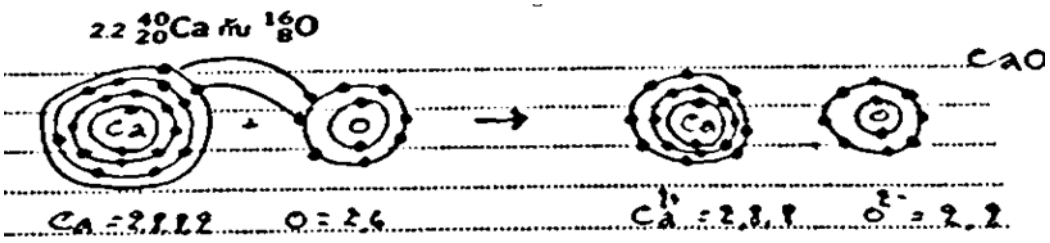
2.1 ระดับแมคโครสโกปิค เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่สัมผัสและสังเกตเห็นได้ชัดเจน จากการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึก หรือจากการทดลองมาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าอะตอมมีการให้และรับอิเล็กตรอน โดยนักเรียนยังคงมีแนวคิดอยู่ในระดับสิ่งที่มองเห็นได้ ซึ่งเป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์หรือสิ่งต่างๆ โดยอาศัยการสังเกต เช่น อะตอมของธาตุโลหะมีขนาดใหญ่กว่าอโลหะ จึงเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน อโลหะจึงทำหน้าที่เป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การเกิดพันธะไอออนิก

จากภาพที่ 4.4 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะที่เป็นสารประกอบไอออนิกได้ แสดงแบบจำลองพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะหรือแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ และสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะไอออนิกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

2.2 ระดับไมโครสโกปิค เป็นการอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ในระดับ Macroscopic การสังเกตเห็นจากการทดลองในระดับอนุภาค อะตอม ไอออน หรือโมเลกุลโดยในระดับนี้จะมีลักษณะเป็น มโนมติ หลักการ หรือทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนสามารถอธิบายโดยการเขียนแผนภาพจำลองแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานของธาตุ แสดงการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก ซึ่งนักเรียนแสดงโดยการเขียนธาตุ $_{20}Ca$ และธาตุ $_{8}O$ สร้างพันธะกัน จัดเรียงอิเล็กตรอน $_{20}Ca$ ได้เป็น 2, 8, 8, 2 แสดงว่ามี 4 ระดับพลังงาน มีอิเล็กตรอนวงนอกเป็น 2 และต้องให้อิเล็กตรอนไป 2 อิเล็กตรอน อะตอมจึงจะเสถียร เมื่อให้อิเล็กตรอนแล้ว อะตอมของธาตุแคลเซียมมีประจุเป็น Ca^{2+} ส่วนธาตุ $_{8}O$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น 2, 6 แสดงว่ามี 2 ระดับพลังงาน มีอิเล็กตรอนวงนอกเป็น 6 ต้องรับอิเล็กตรอนวงนอกอีก 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อรับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอนแล้ว อะตอมของธาตุออกซิเจน มีประจุเป็น O^{2-} ดังนั้น เมื่อธาตุแคลเซียมให้ 2 อิเล็กตรอน และออกซิเจนรับ 2 อิเล็กตรอน รวมกันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้เป็น แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.5

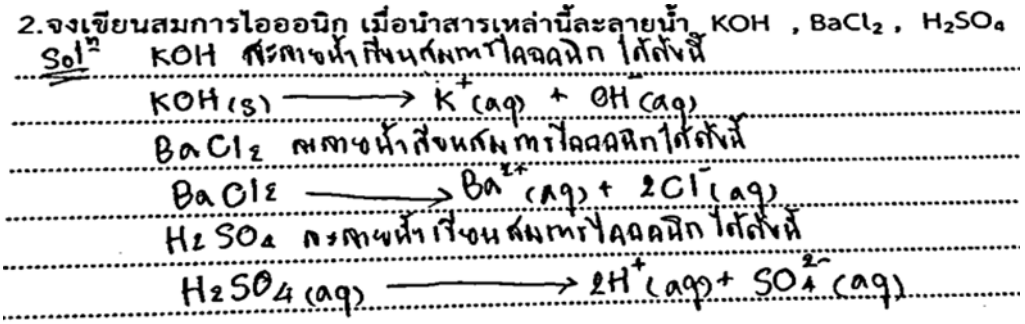


ภาพที่ 4.5 การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 4.5 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจและสามารถที่จะเชื่อมโยงเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก โดยแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอน การเขียนแผนภาพการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน และสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะไอออนิกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

2.3 ระดับซิมโบลิก เป็นการเชื่อมโยงในระดับ Macroscopic และระดับ Microscopic มาอธิบายแสดงความเข้าใจและสามารถแสดงออกโดยเขียนสัญลักษณ์ สมการทางเคมี การเกิดปฏิกิริยา เช่น นักเรียนสามารถเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการทางเคมี โดยการเขียนสมการไอออนิก เมื่อนำสารเหล่านี้มาละลายน้ำ KOH,$BaCl_2$ และ H_2SOนักเรียนสามารถเขียนได้ว่าเมื่อนำ KOHละลายน้ำ เขียนสมการไอออนิกได้ $KOH(S) \longrightarrow K^{+}(Aq) + OH^{-}(aq)$, เมื่อนำ $BaCl_2$

ละลายน้ำ เขียนสมการไอออนิกได้ $BaCl_2 \longrightarrow Ba^{2+}(Aq) + 2Cl^{-}(Aq)$ และเมื่อนำ $H_2So_4(Aq)$ ละลายน้ำ เขียนสมการไอออนิกได้ $H_2SO_4(Aq) \longrightarrow 2H^{+}(Aq) + SO_4^{2-}(Aq)$ ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 4.6 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจโดยการเขียนสมการไอออนิกเมื่อนำสารประกอบไอออนิกทำปฏิกิริยากันในสภาพที่เป็นสารละลาย และสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะไอออนิกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง และเมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมได้ข้อมูลดังนี้

ครู	:	พันธะไอออนิกเกิดขึ้นได้อย่างไร
นักเรียน	:	เกิดจากไอออนบวกกับไอออนลบ ถ้าประจุต่างกันก็จะดูดกัน
ครู	:	ไอออนบวกกับไอออนลบนี้มาจากไหน
นักเรียน	:	ไอออนมาจากธาตุที่ทำปฏิกิริยากันและมีการให้และรับอิเล็กตรอนจะเกิดเป็นไอออน ค่ะ เช่น ธาตุที่เป็นโลหะจะเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุที่เป็นอโลหะจะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนลบ
ครู	:	เพราะเหตุใดธาตุที่เป็นโลหะจะเป็นฝ่ายให้ และและธาตุที่เป็นอโลหะจะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน
นักเรียน	:	ดูจากค่า ENและค่า IEของทั้งสองธาตุแตกต่างกันฝ่ายหนึ่งจึงให้และอีกฝ่ายจะรับ เพื่อให้เวเลนต์อิเล็กตรอนของตัวเองครบแปดจะเสถียร ค่ะ

ครู : ถ้าผสมสารละลายระหว่าง $CuSo_4$ กับ $Pb(NO_3)_2$ สารละลายทั้งสองเป็นสารประกอบไอออนิกใช่หรือไม่

นักเรียน : ใช่ค่ะ เพราะสารพวกนี้จะแตกตัวเป็นไอออนได้

ครู : หลังจากที่นำเอาสารละลายทั้งสองมาผสมกันจะเป็นอย่างไร

นักเรียน : ก็ทำปฏิกิริยากันด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนกัน ค่ะ

ครู : แลกเปลี่ยนไอออนกันได้อย่างไร ค่ะ

นักเรียน : สารตั้งต้นจะแตกตัวออกเป็นไอออนบวกกับไอออนลบ แล้วไอออนที่แตกมานั้นทำการจับคู่กันใหม่ ค่ะ

จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะ และกระบวนการเกิดพันธะ อธิบายแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบจากการทำปฏิกิริยากันและมีการให้และรับอิเล็กตรอนจะเกิดเป็นไอออน ธาตุที่เป็นโลหะจะเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุที่เป็นอโลหะจะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนลบ เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนของตัวเองครบแปดจึงจะเสถียร และสามารถอธิบายหลักการเกิดปฏิกิริยาได้ จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะได้ สามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะไอออนิกกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาก่อนอธิบายได้

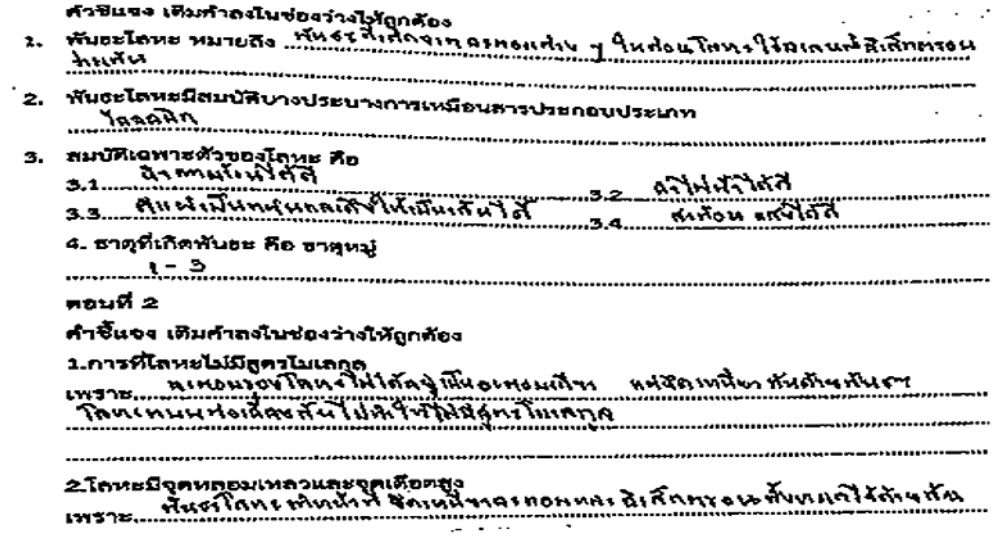
จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงการทำกิจกรรมใบงานและสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก ทำให้ทราบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะ คือแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าระหว่างไอออนที่มีประจุบวกและประจุลบ การเขียนแผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้ และการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก โดยนักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนมาอธิบายเพื่อเชื่อมโยงความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะพัฒนาความเข้าใจระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

3. กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโลหะ

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโลหะ เป็นการอธิบายให้ความหมายสมบัติและลักษณะการเกิดพันธะ เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ทำให้อะตอมของโลหะอยู่ด้วยกันในก้อนของโลหะ โดยมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของโลหะ ความแข็งแรงของพันธะโลหะขึ้นอยู่กับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของโลหะและประจุของไอออนบวก โลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมเหลวสูง สามารถตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ มีผิวเป็นมันวาวและนำความร้อนได้ดี การใช้

แบบจำลองอธิบายการเกิดพันธะ เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง ๆ ได้ การถามคำถามจากภาพเพื่อสะท้อนความรู้ของตนเอง และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นอธิบายแสดงการเกิดพันธะ ในกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนสามารถนำหลักการเกิดพันธะโลหะอธิบายได้ว่า เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมต่างๆ ในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน มีสมบัติบางประการเหมือนสารประกอบไอออนิก นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี ตีแผ่เป็นแผ่นและดึงให้เป็นเส้นได้ สะท้อนแสงได้ดี ซึ่งแสดงความเข้าใจในระดับแมคโครสโกปิค (Microscopic Level) สามารถอธิบายได้ว่า พันธะโลหะทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวอะตอมของธาตุโลหะ เกิดจากอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ (Microscopic Level) และอธิบายในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) โดยการเขียนแผนภาพแสดงแบบจำลองของพันธะโลหะได้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำกิจกรรมตามใบงาน เกี่ยวกับการพันธะโลหะ เพื่อแสดงความสามารถและความเข้าใจในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมีตามลำดับ และข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของนักเรียนได้ ดังนี้

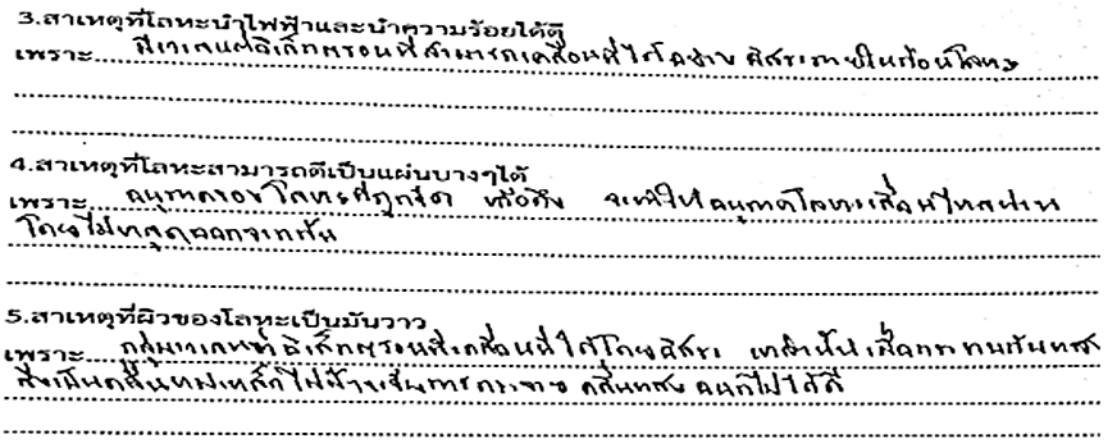
3.1). ระดับแมคโครสโกปิค เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่สัมผัสและสังเกตเห็นได้ชัดเจน จากการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึก หรือจากการทดลองมาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น นักเรียนแสดงความเข้าใจโดยการอธิบายพันธะโลหะเป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมต่างๆ ในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน มีสมบัติบางประการเหมือนสารประกอบไอออนิก นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี ตีแผ่เป็นแผ่นและดึงให้เป็นเส้นได้ สะท้อนแสงได้ดี ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.7


ตัวอย่าง เติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง
1. พันธะโลหะ หมายถึง พันธะที่เกิดจากอะตอมต่าง ๆ ในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน
2. พันธะโลหะมีสมบัติบางประการเหมือนสารประกอบประเภท ไอออนิก
3. สมบัติเฉพาะตัวของโลหะ คือ
3.1 นำความร้อนได้ดี 3.2 ดึงให้เป็นเส้นได้ดี
3.3 ตีแผ่เป็นแผ่นบางได้ 3.4 สะท้อนแสงได้ดี
4. ธาตุที่เกิดพันธะ คือ ธาตุหมู่ 1 - 3
ตอนที่ 2
คำชี้แจง เติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง
1. การที่โลหะไม่มีสูตรโมเลกุล
เพราะ อะตอมของโลหะไม่สามารถอยู่เพียงอะตอมเดียว แต่จะต้องมีจำนวนมากๆ
โลหะเกิดจากอะตอมต่างๆ ไม่กี่อะตอมไม่มีสูตรโมเลกุล
2. โลหะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง
เพราะ พันธะโลหะเกิดจากการดึงดูดกันของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

ภาพที่ 4.7 การเกิดพันธะโลหะ

จากภาพที่ 4.7 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจและสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของพันธะโลหะกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

3.2 ระดับไมโครสโกปิค เป็นการอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ในระดับ Macroscopic การสังเกตเห็นจากการทดลองในระดับอนุภาค อะตอม ไอออน หรือโมเลกุลโดยในระดับนี้จะมีลักษณะเป็น มโนมติ หลักการ หรือทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนมีความเข้าใจสามารถอธิบายอะตอมของโลหะไม่ได้อยู่เป็นอะตอมเดี่ยว แต่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะแบบต่อเนื่อง โลหะมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงเพราะ พันธะโลหะทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวอะตอมและอิเล็กตรอนทั้งหมดไว้ด้วยกัน นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีเพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 สมบัติของพันธะโลหะ

จากภาพที่ 4.8 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจและสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของพันธะโลหะกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

3.3 ระดับซิมโบลิก เป็นการเชื่อมโยงระดับ Macroscopic และระดับ Microscopic อธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีโดยใช้ภาษา สัญลักษณ์ประเภทต่าง ๆ แผนภาพ แบบจำลอง ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจการเกิดพันธะโลหะและเขียนแผนภาพแสดงแบบจำลองพันธะโลหะได้ ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.9

ภาพที่ 4.9 แบบจำลองพันธะโลหะ

จากภาพที่ 4.9 นักเรียนส่วนมากแสดงความเข้าใจและอธิบายการเกิดพันธะโลหะโดยการเขียนแผนภาพแบบจำลองพันธะโลหะ และสามารถที่จะเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง และเมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมได้ข้อมูลดังนี้

ครู	:	การเกิดพันธะโลหะจะเกิดได้อย่างไร
นักเรียน	:	เกิดจากอะตอมของธาตุโลหะกับโลหะ
ครู	:	แล้วเกิดเป็นพันธะได้อย่างไร
นักเรียน	:	อะตอมโลหะมีค่า IEต่ำ อิเล็กตรอนจะหลุดได้ง่าย และก็ชอบให้อิเล็กตรอน
ครู	:	อิเล็กตรอนหลุดไปไหนค่ะ
นักเรียน	:	อยู่ในก้อนโลหะ เคลื่อนที่ไปมาอย่างอิสระ และยึดเหนี่ยวกันกับไอออนบวกของโลหะ ค่ะ

จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถเข้าใจและอธิบายถึงการเกิดพันธะโลหะได้ว่า พันธะโลหะเกิดจากอะตอมของธาตุโลหะกับโลหะ ที่เกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของโลหะเคลื่อนที่ไปมาได้อิสระทั่วทั้งก้อนโลหะ เพราะโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ ทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ สามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะกับสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนมาอธิบายได้

จากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงานและสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะการเขียนแผนภาพแสดงแบบจำลองพันธะโลหะได้ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะพัฒนาความเข้าใจระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของพันธะโลหะได้เพิ่มขึ้น

ตอนที่ 2 ระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

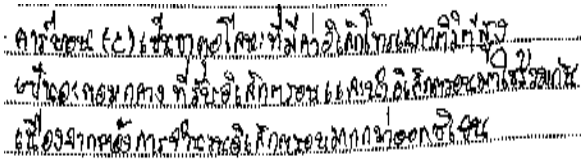
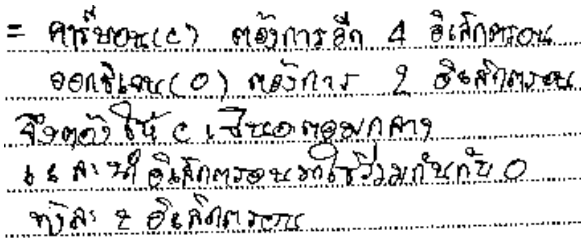
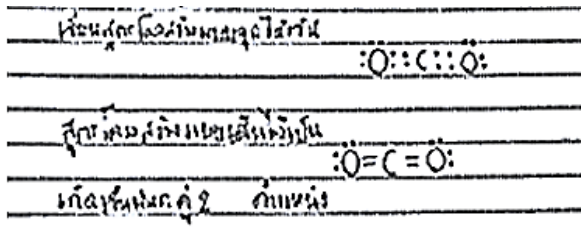
หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี เป็นสิ่งที่นักเรียนใช้เป็นตัวแทนที่จะสื่อสารแสดงออกถึงความคิดความเข้าใจ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนคำอธิบาย แผนภาพ ภาพวาด สัญลักษณ์ สมการเคมี สูตรเคมี และการเขียนแบบจำลอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและอธิบายการเชื่อมโยงความสัมพันธ์การแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีและเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายที่เรียน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยพิจารณาคำตอบจากข้อคำถามในแบบวัดตัวแทนความคิดทางเคมี การตรวจให้คะแนน การตีความหมายจัดกลุ่มคำตอบ และการวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี ผู้วิจัยขอรายงานความเข้าใจและความสามารถการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง พันธะเคมี ที่ประกอบไปด้วย การเกิดพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และการเกิดพันธะโลหะ เพื่อแสดงความเข้าใจและสามารถแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมี ได้แก่ ระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) และระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากข้อคำถามในข้อที่ 1 ถามว่า “จงอธิบายการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ และเขียนโครงสร้างของลิวอีสทั้งแบบจุดและแบบเส้นของโมเลกุลที่กำหนดให้ CO_2CCl_4 และ N_2 มาโดยละเอียดพร้อมทั้งระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายได้ว่า พันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นได้อย่างไร ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับของการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	26	81.25	
Microscopic Level	25	78.12	
Symbolic Level	25	78.12	

จากตารางที่ 4.1 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจและสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ โดยนักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจในการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) คิดเป็นร้อยละ 81.25 ที่สามารถอธิบายการเกิดพันธะหรือสิ่งต่างๆ จากการสังเกตธาตุใดเป็นอะตอมกลาง โดยอะตอมของธาตุอโลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง ไม่มีการให้อิเล็กตรอน อโลหะจึงทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนและนำอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันของธาตุ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโคกปิค (Microscopic Level) คิดเป็นร้อยละ 78.12 อธิบายการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ว่า ธาตุแต่ละตัวต้องการอิเล็กตรอนกี่ตัว แล้วจะต้องนำอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันกี่คู่จึงจะเสถียรตามกฎออกเตต เกิดเป็นพันธะชนิดใด แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจแล้วแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) คิดเป็นร้อยละ 78.12 แสดงด้วยการเขียนโครงสร้างลิวอีสทั้งแบบจุดและแบบเส้นได้ โดยสูตรแบบจุดเขียนโดยใช้

จุด 1 จุด (.) แทนเวเลนต์อิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอน อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะเขียนระหว่างอะตอมคู่ที่สร้างพันธะ และอะตอมคู่โดดเดี่ยวจะเขียนรอบอะตอมนั้นเป็นคู่ๆ สูตรแบบเส้นเขียนโดยใช้เส้น 1 (-) เส้นแทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ เขียนระหว่างอะตอมคู่ที่สร้างพันธะกันได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายในแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 15.62 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงการอธิบายโดยไม่ค่อยเข้าใจว่าสิ่งที่แสดงนั้นมีความหมายการเกิดพันธะได้อย่างไร สามารถเขียนแสดงโครงสร้างลิวอีสได้แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าธาตุนั้นๆต้องการอิเล็กตรอนร่วมกันกี่คู่เป็นพันธะชนิดใด ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงกระบวนการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้จริงๆ แสดงให้เห็นถึงความสามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พบว่าว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และกระบวนการเกิดพันธะสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และการเขียนสูตรโครงสร้าง แบบจุดและแบบเส้นได้ โดยแสดงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้เพิ่มขึ้น

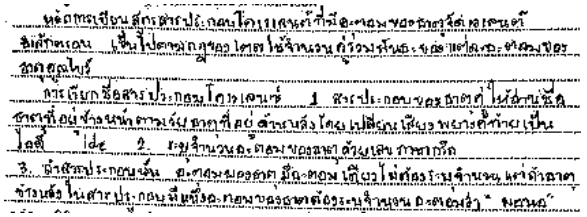
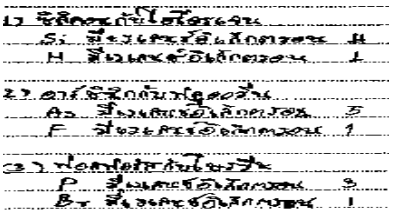
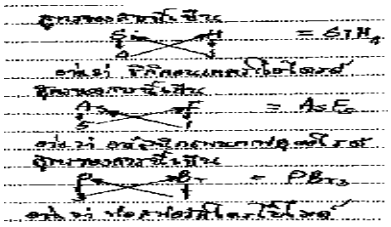
2. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากข้อคำถามในข้อที่ 2 ถามว่า “จงอธิบายขั้นตอนการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบ ระหว่างธาตุต่อไปนี้ ซิลิคอนกับไฮโดรเจน อาร์ซีนิกกับฟลูออรีน และฟอสฟอรัสกับโบรมีน มาโดยละเอียด” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่มวิเคราะห์หาข้อมูล โดยในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ ซึ่งส่วนมากการอธิบายในเรื่องนี้มีการใช้ตัวแทนความคิดในระดับ Microscopic และ Symbolic มาอธิบาย แต่นักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงผ่านตัวแทนความคิดได้ โดยกิจกรรม

การเรียนนักเรียนสามารถนำหลักการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ สัญลักษณ์ของธาตุมาอธิบายในการเขียนสูตรแบบจุด แบบเส้น และแบบโมเลกุล (ซึ่งอยู่ในระดับ Macroscopic) ที่เกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายขั้นตอนการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับของการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	27	84.37	
Microscopic Level	26	81.25	
Symbolic Level	27	84.37	

จากตารางที่ 4.2 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ และสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ สามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 84.37 ที่นักเรียนสามารถแสดงออกถึงความเข้าใจอธิบายหลักการ

เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง เป็นการอธิบายการเขียนสูตรโมเลกุลที่เห็นได้ โดยเรียงลำดับธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำเป็นธาตุตัวแรก และค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงเป็นธาตุตัวหลัง จากนั้นนำจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการเพิ่มอีกจนครบ 8 แล้วนำมาคูณไขว้กัน แล้วเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ ถ้าธาตุใดมีจำนวนอะตอมมากกว่า 1 ให้ระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้นไว้มุมล่างด้านขวาของสัญลักษณ์ธาตุ ส่วนการเรียกชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ ที่เป็นสารประกอบคู่ อ่านชื่อธาตุที่อยู่ข้างหน้าตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ด้านหลังโดยเปลี่ยนเสียงท้ายพยางค์เป็นไ-ด์ แล้วระบุจำนวนอะตอมของธาตุเป็นภาษากรีก ถ้าอะตอมของธาตุนั้นมีอะตอมเดียวไม่ต้องระบุจำนวน แต่ธาตุข้างหลังมีหนึ่งอะตอมให้ระบุจำนวนอะตอมว่า มอนอ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 81.25 อธิบายการเขียนสูตรโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ว่า ธาตุแต่ละตัวต้องการอิเล็กตรอนกี่ตัว แล้วจะต้องนำอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันอีกกี่ตัว แล้วเขียนแสดงการคูณไขว้กัน ได้เป็นสูตรโมเลกุล และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 84.37 โดยการเขียนสูตรโมเลกุลและเขียนสัญลักษณ์ของธาตุด้วยการคูณไขว้กันได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายในแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 15.63 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงการอธิบายได้ไม่ค่อยเข้าใจว่าสิ่งที่แสดงนั้นจะอธิบายอย่างไร บอกจำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนที่ต้องการไม่ได้ และเขียนสูตรโมเลกุลบางชนิดไม่ได้สามารถแสดงการเขียนสูตรได้แต่อ่านชื่อไม่ได้ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงหลักการการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ สามารถแสดงการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารได้จริงๆ แสดงให้เห็นถึงความสามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้

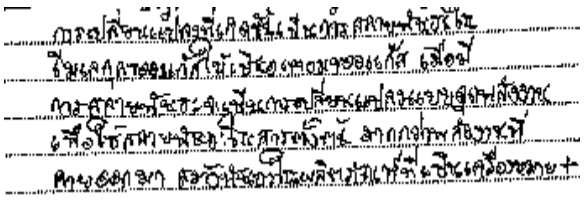
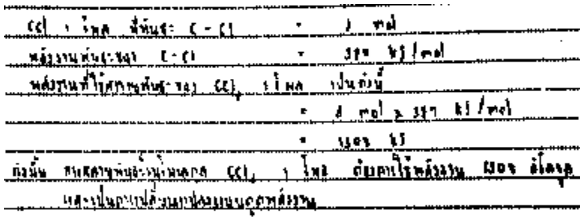
จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า การเขียนสูตรโมเลกุล เขียนโดยเรียงลำดับธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำเป็นธาตุตัวแรก และค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงเป็นธาตุตัวหลัง แล้วนำจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการคูณไขว้กัน และสามารถเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับหลักการการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้เพิ่มขึ้น

3. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 3 ว่า “การสลายพันธะในโมเลกุล CCl_4 1 โมล ออกเป็นอะตอมเดี่ยวต้องใช้พลังงานเท่าใด การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นแบบดูดหรือแบบคายพลังงาน $CCl_4(g) \longrightarrow C(g)+ 4Cl(g)$ ” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงานจะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายความหมายของพันธะ และการคำนวณหาพลังงานของปฏิกิริยาได้ ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับของการแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.3

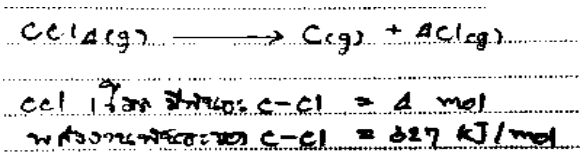
ตารางที่ 4.3

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	23	71.87	
Microscopic Level	22	68.75	

(ต่อ)

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Symbolic Level	20	62.50	

จากตารางที่ 4.3 นักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจและสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ โดยนักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจในการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 71.87 อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการสลายพันธะในโมเลกุลของแก๊สให้เป็นอะตอมของแก๊ส เมื่อมีการสลายพันธะจะเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดพลังงาน เพื่อใช้สลายพันธะในสารตั้งต้นมากกว่าพลังงานที่คายออกมา สร้างพันธะในผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องหมายบวก (+)ในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 68.75 เขียนแสดงการคำนวณการสลายพันธะในโมเลกุล CCl_4 1 โมล ได้เท่ากับ CCl1 โมล มีพันธะ C-Cl= 4Molพลังงานพันธะของ C-Cl= 327 kJ/molพลังงานที่ใช้สลายพันธะของ CCl_4 1 โมล เป็นดังนี้ 4mol x327 kJ/mol= 1308 kJดังนั้น การสลายพันธะในโมเลกุล CCl_4 1 โมล ต้องการใช้พลังงาน 1308 กิโลจูล และเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดพลังงาน และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 62.50 เขียนสมการของปฏิกิริยาได้เป็น $CCl_4(g) \longrightarrow C(g)+ 4Cl(g)$ การเขียนสูตรเพื่อแสดงพันธะในสารแต่ละชนิดของปฏิกิริยา และการแทนค่าพลังงานพันธะของพันธะต่างๆ ตามสูตรที่เขียนขึ้นได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายในแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 28.13 ไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยได้เรียนมามีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงการอธิบายโดยไม่ค่อยเข้าใจว่าสิ่งที่แสดงนั้นจะอธิบายได้อย่างไร แทนค่าพลังงานพันธะไม่ได้จึงแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ไม่ถูกต้อง แต่มีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามารถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงความยาวพันธะและพลังงานพันธะ สามารถแทนค่าพลังงานพันธะของพันธะต่าง ๆ ตามสูตรที่เขียนขึ้น และสามารถคำนวณค่าพลังงานของปฏิกิริยาเคมีและอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ

พลังงานได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นถึงความสามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้

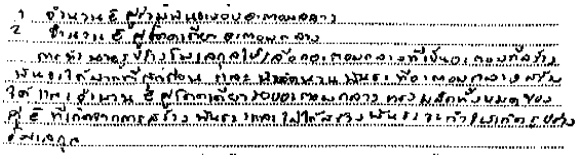
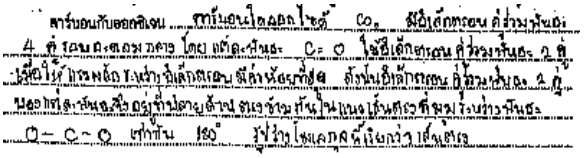
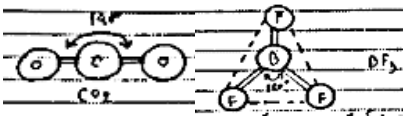
จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะ แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจอธิบายได้ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการสลายพันธะในโมเลกุลของแก๊สให้เป็นอะตอมของแก๊ส เมื่อสลายพันธะเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดพลังงาน เพื่อใช้สลายพันธะในสารตั้งต้นมากกว่าพลังงานที่คายออกมา สร้างพันธะในผลิตภัณฑ์ และแสดงการแทนค่าพลังงานพันธะของพันธะต่าง ๆ ตามสูตรที่เขียนขึ้นเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานของปฏิกิริยาเคมีและอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะได้เพิ่มขึ้น

4. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบทดสอบตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากข้อคำถามในข้อที่ 4 ถามว่า “จงอธิบายการทำนายรูปร่างโมเลกุลของสาร พร้อมทั้งเขียนสูตรที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างธาตุต่อไปนี้” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายการพิจารณารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสามารถเขียนสูตรแบบจุดและทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่องรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	22	68.75	
Microscopic Level	20	62.50	
Symbolic Level	19	59.37	

จากตารางที่ 4.4 นักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับการรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ และสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 68.75 สามารถแสดงออกถึงความเข้าใจอธิบายการการทำนายรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ได้ว่า พิจารณาได้จากจำนวนพันธะรอบอะตอมกลาง และจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อยู่รอบอะตอม แล้วนำมาพิจารณาว่ามีรูปร่างของโมเลกุลเป็นแบบใด ในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 62.50 อธิบายการทำนายโมเลกุลโดยการเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส แล้วบอกจำนวนอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางมีกี่คู่ อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะกี่คู่ และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกี่ คู่ ได้เป็นรูปร่างโมเลกุลแบบใด แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจแล้วแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 59.37 ด้วยการเขียนสูตรของสารประกอบและวาดรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายในแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 31.25 ไม่สามารถเชื่อมโยงกับ

แนวความรู้เดิมที่เคยได้เรียนมามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ไม่สามารถเขียนสูตรโครงสร้างและพิจารณาอะตอมกลางจึงไม่สามารถอธิบายการนับจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อะตอมกลางสร้างได้ สามารถเขียนแสดงโครงสร้างลิวอีสได้แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าธาตุนั้นๆ ต้องการอิเล็กตรอนร่วมกันกี่คู่เป็นพันธะชนิดใด ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่มีนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจหลักการพิจารณาการทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และแสดงการวาดรูปร่างโมเลกุลที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นถึงความสามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้

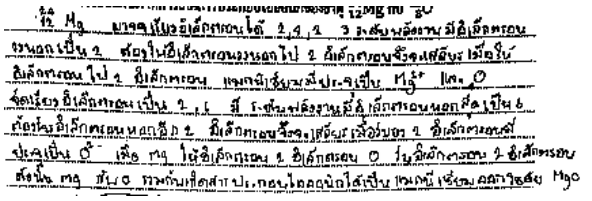
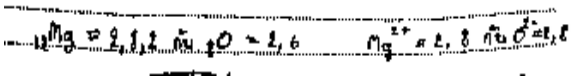
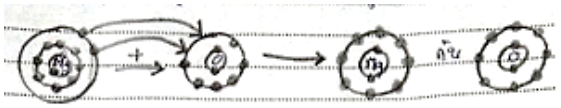
จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่อธิบายได้ว่า การทำนายรูปร่างโมเลกุลต้องเลือกอะตอมกลางที่เป็นอะตอมที่สร้างพันธะได้มากที่สุดก่อน และนับจำนวนพันธะที่อะตอมกลางสร้างได้และนับจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง แรงผลักทั้งหมดของคู่อิเล็กตรอนที่เกิดจากการสร้างพันธะและไม่ได้สร้างพันธะเกิดรูปร่างโมเลกุลแบบต่าง ๆ และวาดภาพการทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์เพิ่มขึ้น

5. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 5 ถามว่า “จงอธิบายและเขียนแผนภาพการเกิดสารประกอบไอออนิกของธาตุ $^{24}_{12}$Mgกับ $^{16}_{8}$O” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายได้ว่า การเกิดสารประกอบไอออนิกของธาตุเกิดขึ้นได้อย่างไร ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	27	84.37	
Microscopic Level	26	81.25	
Symbolic Level	25	78.12	

จากตารางที่ 4.5 นักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิกและสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 84.37 อธิบายการเกิดสารประกอบไอออนิกของธาตุ $^{24}_{12}Mg$ กับ $^{16}_{8}O$ อธิบายการเกิดพันธะโดยการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานของธาตุ ที่นำธาตุ $_{12}Mg$ และธาตุ $_{8}O$ สร้างพันธะกัน เมื่อจัดเรียงอิเล็กตรอน $_{12}Mg$ ได้เป็น 2, 8, 2 มี 3 ระดับพลังงาน อิเล็กตรอนวงนอกเป็น 2 ซึ่งต้องให้ไป 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อให้ไป 2 อิเล็กตรอนแล้ว แมกนีเซียมมีประจุเป็น Mg^{2+} และจัดจัดเรียงอิเล็กตรอน $_{8}O$ ได้เป็น 2, 6 มี 2 ระดับพลังงาน อิเล็กตรอนวงนอกเป็น 6 ต้องรับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร จะมีประจุเป็น O^{2-} ดังนั้น ธาตุแมกนีเซียม กับ ออกซิเจน รวมกันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้เป็น แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 81.25 อธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงาน $_{12}Mg$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้ 2, 8, 2 มีประจุเป็น Mg^{2+} และ $_{8}O$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้ 2, 6 รับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอน มีประจุเป็น O_2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของ

ตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 78.12 แสดงด้วยการเขียนแผนภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนและแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่เขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนอธิบายขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 15.63 ไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยได้เรียนมามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ไม่สามารถเขียนแผนภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานได้ และไม่สามารถเขียนแผนภาพการแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนในการเกิดสารประกอบได้ เนื่องจากไม่ทราบจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดของธาตุนั้น แต่มีนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดและแสดงความสามารถในระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจกระบวนการเกิดพันธะไอออนิกจริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถอธิบาย การเกิดพันธะไอออนิก เกิดจากอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะเพราะเป็นพันธะที่เกิดจากการให้และรับอิเล็กตรอน เพื่อตัวเองจะเสถียร และมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่สามารถบอกได้ว่าจัดเรียงแล้วได้อะไรเกิดขึ้น เพื่อที่จะเกิดเป็นไอออนบวกกับไอออนลบ แล้วเขียนแผนภาพแสดงการให้และการรับอิเล็กตรอนของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับกระบวนการเกิดพันธะไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

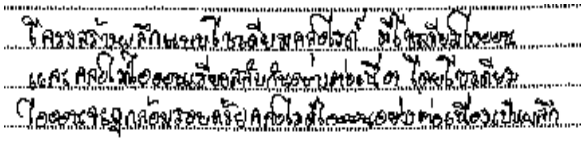
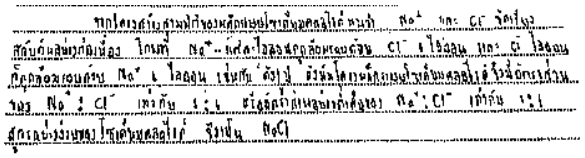
6. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบทดสอบตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 6 ถามว่า “จงอธิบายและวาดรูปโครงสร้างสามมิติของผลึกโซเดียมคลอไรด์ มาโดยละเอียด” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายจากโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ ดังนั้นการที่นักเรียนอธิบายสิ่งที่เข้าใจออกมาแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างของ

สารประกอบไอออนิก เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	27	84.37	
Microscopic Level	27	84.37	
Symbolic Level	24	75.50	

จากตารางที่ 4.6 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ โดยนักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจในการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 84.37 อธิบายจากโครงสร้างผลึกแบบโซเดียมคลอไรด์ มีโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนเรียงสลับกันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโซเดียมไอออนจะถูกล้อมรอบด้วยคลอไรด์ไอออนอย่างต่อเนื่องเป็นผลึก นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 84.37 อธิบายลักษณะการจัดเรียงสลับกันต่อเนื่องโดยโซเดียมไอออนแต่ละไอออนล้อมรอบคลอไรด์ไอออน 6 ไอออน และคลอไรด์ไอออนแต่ละไอออนล้อมรอบด้วยโซเดียมไอออน 6 ไอออนเช่นกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ

75.50 แสดงด้วยการเขียนภาพโครงสร้างผลึกการจัดเรียงไอออนที่ล้อมรอบกันเป็นผลึกได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนขึ้นสามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนร้อยละ 15.63 ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกว่า สารประกอบไอออนิกมีลักษณะที่เป็นโครงผลึกมีไอออนบวกกับไอออนลบล้อมรอบกันและกัน แต่นักเรียนยังให้อัตราส่วนระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบได้ไม่ถูกต้อง แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก มีลักษณะของการจัดเรียงกันของไอออนบวกกับไอออนลบเรียงสลับกันต่อเนื่องเป็นผลึกไอออนิกได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นถึงความสามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของสารประกอบมีลักษณะการจัดเรียงกันของไอออนบวกกับไอออนลบเรียงสลับกันต่อเนื่องเป็นผลึกของไอออนิก แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจไปในทางเดียวกัน สามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

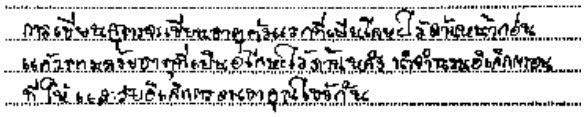
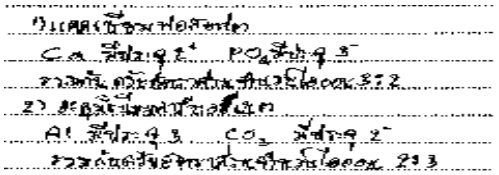
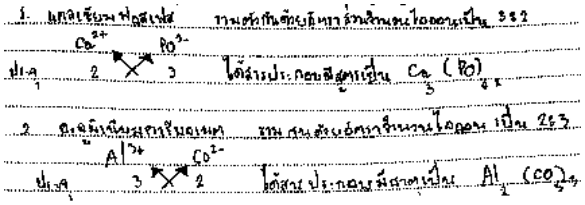
7. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 7 ถามว่า “จงแสดงการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แคลเซียมฟอสเฟต อะลูมิเนียมคาร์บอเนต และ $BaSo_4CuCO_3$ Na_2HPO_4 และ NH_4CN” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่มวิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายขั้นตอนการสูตรเขียนและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับของการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียนที่อธิบายสิ่งที่เข้าใจออกมาแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของ

นักเรียน เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	26	81.25	
Microscopic Level	25	78.12	
Symbolic Level	25	78.12	

จากตารางที่ 4.7 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และสามารถอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ โดยนักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจในการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 81.25 อธิบายการเขียนสูตรจะเขียนธาตุตัวแรกที่เป็นโลหะไว้ด้านหน้าก่อน แล้วตามด้วยธาตุที่เป็นอโลหะไว้ด้านหลัง แล้วหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ให้และรับอิเล็กตรอนมาคูณไขว้กัน และอ่านชื่อของสารประกอบไอออนิกได้ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ

78.12 อธิบายลักษณะการเขียนแสดงจำนวนประจุของธาตุแต่ละตัวแล้วนำมาคูณไขว้ได้เป็นสูตรของสารประกอบไอออนิก แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 78.12 ด้วยการเขียนอะตอมของธาตุโลหะหรือไอออนบวกก่อน ตามด้วยอะตอมของธาตุอโลหะหรือไอออนลบ และนำจำนวนอะตอมที่ให้หรือรับมาคูณไขว้กันได้เป็น $Ca_3(PO_4)_3$ และ $Al_2(CO_3)_3$ ได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 18.75 ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกว่า สารประกอบไอออนิกมีลักษณะที่เป็นโครงผลึกมีไอออนบวกกับไอออนลบล้อมรอบกันและกัน แต่นักเรียนยังให้อัตราส่วนระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบได้ไม่ถูกต้อง แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจและความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตร โดยอธิบายว่า เขียนธาตุตัวแรกที่เป็นโลหะไว้ด้านหน้าก่อนตามด้วยธาตุที่เป็นอโลหะไว้ด้านหลัง แล้วหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ให้และรับอิเล็กตรอนมาคูณไขว้กันได้สูตรของสารประกอบไอออนิก และสามารถเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง แสดงได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจไปในทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

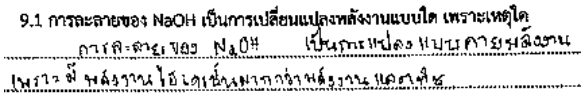
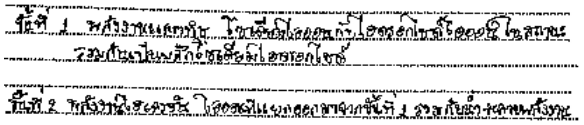
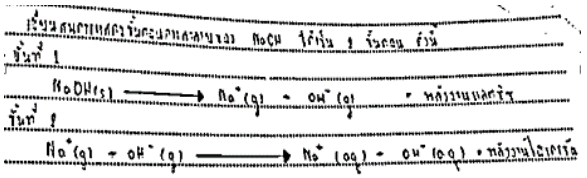
8. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 8 ถามว่า “นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 gใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำบรรจุอยู่ 100 cm^3 เมื่อนำ NaOHละลายหมดพบว่าสารละลายและบีกเกอร์ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว 8.1 การละลายของ NaOHเป็นการเปลี่ยนแปลง

พลังงานแบบใด 8.2 เขียนสมการแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOHและบอกชื่อพลังงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้น" แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้ ดังนั้นการที่นักเรียนอธิบายสิ่งที่เข้าใจออกมาแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	24	75.00	
Microscopic Level	25	78.12	
Symbolic Level	25	78.12	

จากตารางที่ 4.8 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ โดยนักเรียนส่วนมากอธิบายความเข้าใจในการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 75.00 อธิบายการละลายของ Naoh ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบคายพลังงาน เพราะมีพลังงานไฮเดรชันมากกว่าพลังงานแลตทิช นักเรียนสามารถใช้ความ

เข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 78.12 อธิบายการเขียนสมการแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOH ได้เป็น 2 ขั้นตอน พลังงานแลตทิซโซเดียมไอออนกับไฮดรอกไซด์ไอออนในสถานะแก๊สรวมกันเป็นผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์และพลังงานไฮเดรชัน ไอออนที่แยกออกมาในขั้นที่ 1 รวมกับน้ำจะคายพลังงาน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 78.12 แสดงในการเขียนสมการแสดงขั้นตอนการละลายของ Naoh ได้เป็น 2 ขั้นตอน $NaOH(s) \longrightarrow Na^{+}(g) + OH^{-}(g)$ และ $Na^{+}(g) + OH^{-}(g) \longrightarrow Na^{+}(aq) + OH^{-}(aq)$ แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดทางเคมีกับแนวคิดที่นักเรียนเขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนร้อยละ 21.88 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนอธิบายบางขั้นตอนไม่ได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบใด และสามารถอธิบายได้แต่สมการการเปลี่ยนแปลงยังไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงพลังงานและแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOH ได้จริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

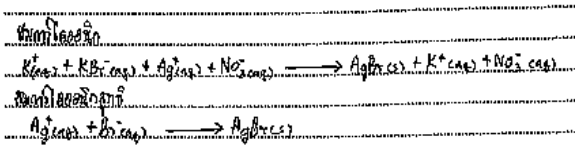
จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดเกี่ยวกับพลังงานกับการสารประกอบไอออนิก พบว่าว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และเชื่อมโยงการแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOH ได้เป็น พลังงานแลตทิซ ที่โซเดียมไอออนกับไฮดรอกไซด์ไอออนในสถานะแก๊สรวมกันเป็นผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์ และพลังงานไฮเดรชัน โดยไอออนที่แยกออกมาเมื่อรวมกับน้ำจะคายพลังงาน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบคายพลังงาน เพราะมีพลังงานไฮเดรชันมากกว่าพลังงานแลตทิซ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

9. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 7 ถามว่า “จงอธิบายการเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการผสมสารละลายแต่ละคู่ต่อไปนี้ KBrกับ $AgNO_3$ และ $CaCl_2$ กับ Na_2CO_3” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากเขียนปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ ดังนั้นการที่นักเรียนอธิบายสิ่งที่เข้าใจออกมาแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Symbolic Level	24	75.00	

จากตารางที่ 4.9 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ 3 ระดับ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 78.12 อธิบายสมการไอออนิกให้เขียนสมการที่แสดงไอออนของสารประกอบในสารละลายครบทุกชนิด และสมการไอออนิกสุทธิ เขียนสมการที่แสดงเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดผลิตภัณฑ์ (ที่ไม่ละลายน้ำ) นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 71.80 แสดงการเขียนการแลกเปลี่ยนไอออนกัน โดยไอออน

บวกของสารตัวหน้าไปรวมกับไอออนลบของสารตัวหลังไอออนบวกตัวหลังไปรวมกับไอออนลบตัวหน้าจะได้สารผลิตภัณฑ์ AgBr(S) และ $CaCO_3$(s) แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถอธิบายระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 75.00 จากการเกิดปฏิกิริยา สามารถเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการไอออนิกแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการผสมสารละลายของ KBrกับ $AgNO_3$ ได้เป็น $K^+(aq) + KBr^-(aq) + Ag^+(aq) + NO^{3-}(aq) \longrightarrow AgBr(s) + K^+(aq) + NO^{3-}(aq)$ สมการไอออนิกสุทธิได้เป็น $Ag^+(aq) + Br^-(aq) \longrightarrow AgBr(s)$ และสมการไอออนิกของ $CaCl_2$ กับ Na_2CO_3 ได้ $Ca^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)+2Na^+(aq)+ CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow CaCO_3(s)+2Cl^-(aq)+2Na^+(aq)$ สมการไอออนิกสุทธิได้เป็น $Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow CaCO_3(s)$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 21.80 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงการอธิบายไม่ค่อยเข้าใจความหมายของปฏิกิริยาว่า การจับคู่ใหม่นั้นเป็นอย่างไร จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากันที่จะได้ผลิตภัณฑ์ แต่นักเรียนก็เข้าใจว่าปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก คือการที่สารมีการจับคู่กันใหม่ของไอออน ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการผสมสารละลายแต่ละคู่ได้จริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

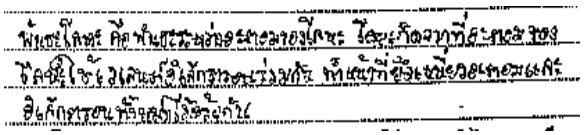
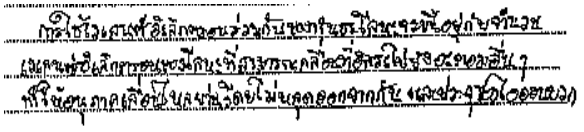
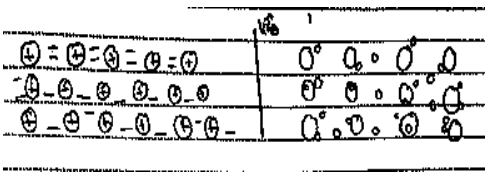
จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก พบว่าว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาจากการผสมสารละลาย อธิบายได้ว่า สมการไอออนิก เขียนไอออนของสารประกอบในสารละลายครบทุกชนิด และสมการไอออนิกสุทธิ เขียนเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดผลิตภัณฑ์) และเขียนสมการไอออนิก โดยไอออนบวกของสารตัวหน้าไปรวมกับไอออนลบของสารตัวหลังไอออนบวกตัวหลังไปรวมกับไอออนลบตัวหน้า จะได้สารผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

10. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะโลหะ

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง การเกิดพันธะโลหะ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากข้อคำถามในข้อที่ 10 ถามว่า “จงอธิบายและวาดภาพแสดงการเกิดพันธะโลหะ และสมบัติของโลหะ มาให้ละเอียดสมบูรณ์” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายวิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายได้ว่าพันธะโลหะมีสมบัติอย่างไรและเกิดเป็นพันธะโลหะได้อย่างไร ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับของการแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง พันธะโลหะ เพื่อแสดงความสามารถในการแสดงออกของระดับความคิดทางเคมี 3 ระดับ และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10

ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง การเกิดพันธะโลหะ

ระดับตัวแทนความคิด	จำนวนนักเรียนที่แสดงออก	คิดเป็นร้อยละ	ตัวอย่างคำตอบนักเรียน
Macroscopic Level	28	87.50	
Microscopic Level	28	87.50	
Symbolic Level	28	87.50	

จากตารางที่ 4.10 พบว่านักเรียนทั้งหมดมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงแสดงตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิค (Macroscopic Level) ร้อยละ 87.50 อธิบายว่าพันธะโลหะ คือ พันธะระหว่างอะตอมของโลหะโดยเกิดจากที่อะตอมของโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอน นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 87.50 อธิบายการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน โดยที่เวเลนซ์อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่อิสระไปยังอะตอมอื่นๆ ทั่วทั้งก้อนโลหะ ความแข็งแรงของพันธะโลหะจะขึ้นอยู่กับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของโลหะที่สามารถเคลื่อนที่อิสระทำให้อนุภาคเลื่อนไหลผ่านโดยไม่หลุดออกจากกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้แสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมา และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 87.50 ด้วยการเขียนแสดงแบบจำลองพันธะโลหะที่แสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและประจุของไอออนบวกได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายกับแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 12.50 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงการอธิบายโดยไม่ค่อยเข้าใจไม่สามารถอธิบายอะตอมโลหะที่ใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันได้อย่างไรทำให้ไม่สามารแสดงแบบจำลองพันธะโลหะได้ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่ยังมีนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดเป็นไปในทางเดียวกัน และแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจกระบวนการเกิดพันธะโลหะจริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่อธิบายได้ว่า พันธะโลหะเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ทำให้อะตอมของโลหะอยู่ด้วยกันในก้อนของโลหะ โดยมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของพันธะโลหะที่สามารถเคลื่อนที่อิสระไปยังอะตอมอื่น ๆ ทำให้อนุภาคเลื่อนไหลผ่านโดยไม่หลุดออกจากกัน และเขียนภาพแสดงแบบจำลองอิเล็กตรอนของโลหะได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะได้เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจากการทำแบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียนในแต่ละแนวคิดนั้น พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดแต่ละแนวคิดเป็นไปในทางเดียวกัน ได้แก่ เรื่อง การ

เกิดพันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก และการเกิดพันธะโลหะ นักเรียนส่วนมากมีความสามารถที่จะนำเสนอระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจึงสามารถที่จะนำเสนอตัวแทนความคิดทางเคมีออกมาได้ทั้ง 3 ระดับ จากข้อมูลของแนวคิดในแต่ละกิจกรรมระดับตัวแทนความคิด จะพบว่านักเรียนมีความพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดระหว่างทำแบบวัดตัวแทนความคิดทางเคมี และมีความเข้าใจสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมีมากขึ้น และสามารถที่จะแสดงผ่านระดับตัวแทนความคิดออกมาได้ จากข้อมูลการพัฒนากิจกรรมระหว่างเรียนและหลังเรียน จากการสัมภาษณ์ การตรวจชิ้นงาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดสามารถแสดงออกผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้มากขึ้น

ตอนที่ 3 การประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี

ตารางที่ 4.11

ผลการประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี

ข้อที่	เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับความคิดเห็น		
		$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1	นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ชอบไปที่ห้องปฏิบัติการเมื่อมีเวลาว่าง	4.22	0.60	มาก
2	นักเรียนชอบหาเหตุผลมาอ้างอิงในการทำการทดลอง	4.32	0.62	มาก
3	นักเรียนชอบอ่านเนื้อหาการเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	4.48	0.50	มาก
4	นักเรียนคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามเนื้อหาบทเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความสนุกสนาน	4.41	0.62	มาก
5	นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นมิตรที่ดีของมนุษย์	4.29	0.82	มาก
6	นักเรียนรู้สึกชอบเมื่อข้าพเจ้าดูรายการทีวีที่เกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์	4.29	0.77	มาก
7	นักเรียนชอบทำการทดลองเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	4.32	0.72	มาก
8	นักเรียนชอบอ่านหนังสือที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	4.45	0.66	มาก

(ต่อ)

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ข้อที่	เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับความคิดเห็น		
		$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
9	นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์มีความมั่นใจในตัวเองสูง	4.25	0.80	มาก
10	นักเรียนให้ความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่ารายวิชาอื่นๆ	4.51	0.75	มาก
11	นักเรียนคิดว่าอาชีพนักวิทยาศาสตร์เป็นอาชีพที่น่าสนใจ	4.48	0.69	มาก
12	เมื่อนักเรียนเรียนจบ ข้าพเจ้าอยากเป็นครูวิทยาศาสตร์	4.32	0.90	มาก
13	นักเรียนคิดว่าบทเรียนในวิทยาศาสตร์เป็นบทเรียนที่ทำให้ตื่นเต้นน่าสนใจ	4.67	0.67	มาก
14	นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ทำให้การเรียนของนักเรียนดีขึ้น	4.58	0.69	มาก
15	นักเรียนมีความสนุกสนานเมื่อได้เรียนวิทยาศาสตร์	4.87	0.57	มาก
16	นักเรียนชอบฟังความคิดเห็นของคนอื่นเมื่อความคิดเห็นแตกต่างกัน	4.54	0.69	มาก
17	นักเรียนชอบทำการทดลองวิทยาศาสตร์	4.96	0.77	มาก
18	นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิต	4.67	0.43	มาก
19	นักเรียนชอบฟังความคิดเห็นของคนอื่น	4.96	0.73	มาก
20	นักเรียนชอบอ่านบทความในหนังสือพิมพ์ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	4.53	0.77	มาก
21	นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ชอบในงานศิลปะและชอบฟังเพลง	4.80	0.78	มาก
	รวม	4.52	0.69	มาก
	A- Reliability		0.84	

จากตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี พบว่า นักเรียนทั้งหมดมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณารายการประเมินภาพรวมทั้ง 21 ข้อ ของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด พบว่ารายการประเมินที่มีคะแนนเฉลี่ยต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์ความคิดเห็นระดับมาก คือ นักเรียนชอบทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ชอบฟังความคิดเห็นของคนอื่น $\overline{X}$ (= 4.96) รองลงมาคือ นักเรียนมีความสนุกสนานเมื่อได้เรียนวิทยาศาสตร์ ($\overline{X}$ = 4.87) นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ชอบในงานศิลปะและชอบฟังเพลง ($\overline{X}$ = 4.80) และนักเรียนคิดว่าบทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นบทเรียนที่น่าสนใจ นักเรียนคิดว่า

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิต ($\overline{X}$ = 4.67) จากรายการประเมินแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อยู่ในความคิดเห็นระดับมากทั้งหมด และค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.84