**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

แทนค่าเฉลี่ย

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 4ตอนที่ 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 เพื่อเขียนสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุอะตอมโมเลกุล 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

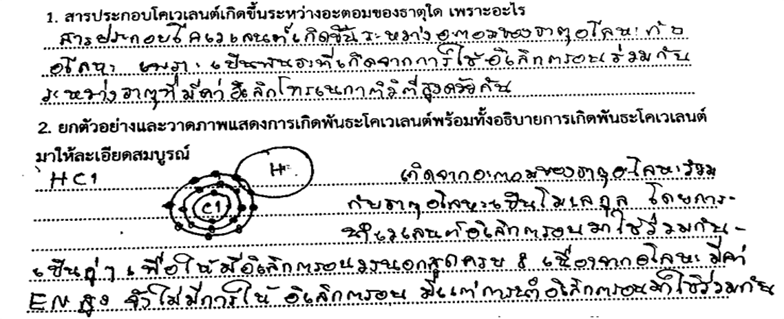
4. ให้นักเรียนเขียนสมการเคมี พร้อมวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอะตอม โมเลกุล หรือไอออนสารประกอบ

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 หรือสัญลักษณ์ทางเคมีในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง 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

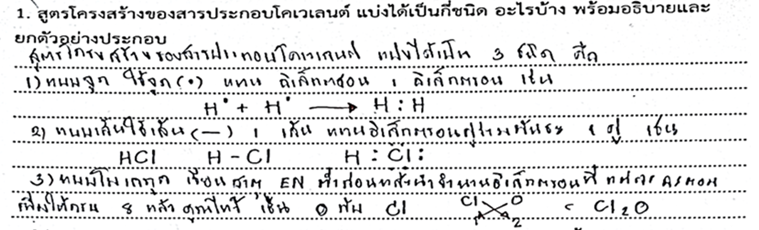
1.1 ระดับแมคโครสโกปิคเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่สัมผัสและสังเกตเห็นได้ชัดเจน จากการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่างๆโดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึก หรือจากการทดลองมาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น เช่น นักเรียนสามารถนำหลักการเกิดพันธะ สัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุอโลหะและอโลหะตัวใดตัวหนึ่งได้ โดยสารประกอบโคเวเลนต์เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะกับอโลหะเพราะเป็นพัน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

****

***ภาพที่ 4.1*** การเกิดพันธะโคเวเลนต์

จากภาพที่ 4.1 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสูตรโครงสร้างกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

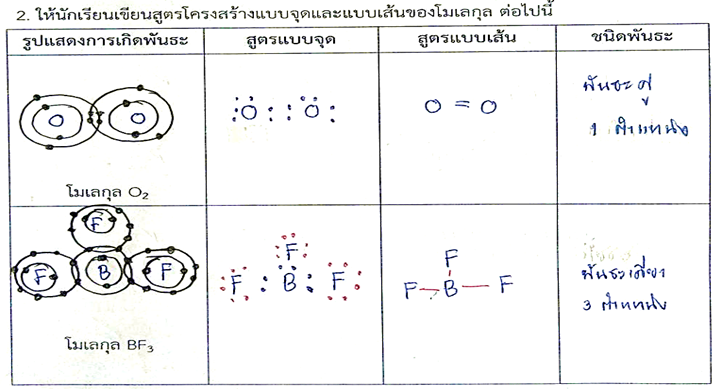
1.2 ระดับไมโครสโกปิค เป็นการอธิบายสิ่งที่สังเกตหรือเห็นได้จากการทดลองในระดับอนุภาค อะตอม หรือโมเลกุล โดยในระดับนี้จะมีลักษณะเป็นแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเขียนสูตรได้ทั้งสูตรโครงสร้างแบบจุด สูตรโครงสร้างแบบเส้น และสูตรโมเลกุล อธิบายหลักการเขียนสูตรว่า 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 นักเรียนส่วนมากสามารเขียนแสดงแผนภาพจำลองการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมที่แสดงความเข้าใจการเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุด และสูตรโครงสร้างแบบเส้นได้ และสามารถเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และหลักการเขียนสูตรโครงสร้างกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาก่อนมาเขียนแผนภาพการเขียนสูตรโครงสร้างแสดงความเข้าใจในการทำกิจกรรมตามใบงานและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง และเมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมได้ข้อมูลดังนี้

ครู : พันธะโคเวเลนต์ หมายถึง อะไร

นักเรียน : คือ พันธะที่มีการใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุดร่วมกันเป็นคู่ค่ะ

ครู : ทำไมต้องมีการใช้อิเล็กตรอนวงนอกร่วมกันค่ะ

นักเรียน : เพราะว่า พันธะโคเวเลนต์ เกิดจากธาตุที่เป็นอโลหะกับ อโลหะที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงด้วยกัน จึงนำเอา อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันเพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ค่ะ

ครู : เราต้องดูตรงไหนยังไงเพื่อที่จะให้อิเล็กตรอนครบ 8 ค่ะ

นักเรียน : ดูจากธาตุแต่ละตัวค่ะ ว่าต้องการอิเล็กตรอนอีกกี่ตัว ซึ่ง จะดูได้จากตารางธาตุ เช่น ธาตุคลอรีนอยู่หมู่ 7 เวเลนต์ อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 แสดงว่า Clต้องการอิเล็กตรอนอีก 1 ตัว แล้วนำคลอรีนอีก 1 ตัว มาใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน อีก 1 ตัว ค่ะ

ครู : แล้วเราสามารถเขียนสูตรโครงสร้างของลิวอีสได้

อย่างไร

นักเรียน : สูตรแบบจุดเขียนได้โดยใช้จุด 1 จุด แทนเวเลนต์

อิเล็กตรอน 1 ตัว และเขียนเป็นคู่ไว้ระหว่างอะตอมคู่ที่ สร้างพันธะกันอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวจะเขียนรอบ สัญลักษณ์ของธาตุ และสูตรแบบเส้นเขียนใช้เส้น 1 เส้น แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ1 คู่ เขียนระหว่างอะตอมคู่ ที่สร้างพันธะกันค่ะ

ครู : บอกได้ไหมว่าสูตรของสารประกอบโคเวเลนต์มีกี่แบบ

อะไรบ้าง

นักเรียน : 3 แบบคือ แบบจุด แบบเส้น และสูตรโมเลกุลค่ะ

ครู : วิธีการเขียนสูตรแต่ละสูตรเขียนได้อย่างไรค่ะ

นักเรียน : สูตรแรกนะค่ะ แบบจุด จะเขียนจุด 1 จุด แทนเวเลนต์

อิเล็กตรอน 1 ตัว เขียนรอบ ๆ อะตอม และแบบเส้นก็ใช้ เส้น 1 เส้น แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ และ สูตร โมเลกุลก็เขียนธาตุ En ต่ำก่อน แล้วเขียนจำนวน อิเล็กตรอนที่ต้องการมาใช้ร่วมกันอีกกี่ตัว แล้วคูณไขว้ กัน ค่ะ

ครู : ถ้าเกิดมันสร้างพันธะกันล่ะค่ะ

นักเรียน : ก็เขียนไว้ระหว่างอะตอมที่สร้างพันธะกัน ถ้าเหลือ

อิเล็กตรอนโดดเดี่ยวก็เขียนไว้รอบ ๆ ธาตุ ค่ะ

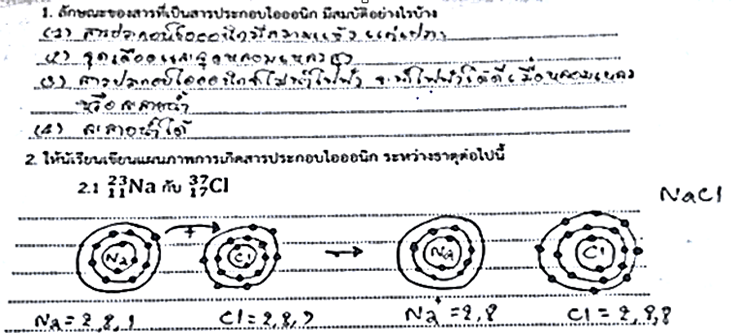
จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถเข้าใจและอธิบายถึงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากกลุ่มธาตุที่เป็นอโลหะกับอโลหะ โดยการนำอิเล็กตรอนวงนอกมาใช้ร่วมกันเป็นคู่ เพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต เนื่องจากกลุ่มธาตุที่เป็นอโลหะมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงด้วยกันจึงนำเอาอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงการทำกิจกรรมใบงานและสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ทำให้ทราบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะ สามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และการเขียนสูตรโครงสร้าง การเขียนแผนภาพจำลองการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้ 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

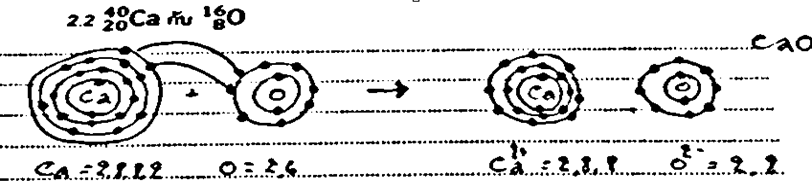
2.1 ระดับแมคโครสโกปิค เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่สัมผัสและสังเกตเห็นได้ชัดเจน จากการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึก หรือจากการทดลองมาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าอะตอมมีการให้และรับอิเล็กตรอน โดยนักเรียนยังคงมีแนวคิดอยู่ในระดับสิ่งที่มองเห็นได้ ซึ่งเป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์หรือสิ่งต่างๆ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



***ภาพที่ 4.4*** การเกิดพันธะไอออนิก

จากภาพที่ 4.4 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะที่เป็นสารประกอบไอออนิกได้ แสดงแบบจำลองพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะหรือแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ และสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะไอออนิกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

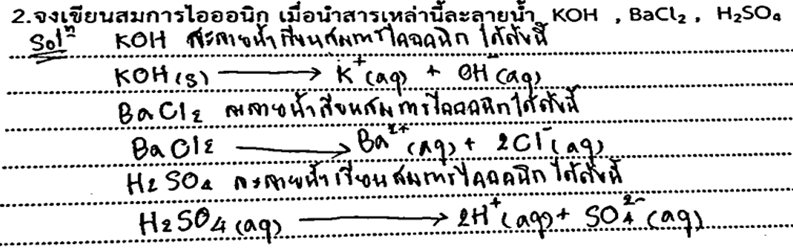
2.2 ระดับไมโครสโกปิค เป็นการอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ในระดับ Macroscopic การสังเกตเห็นจากการทดลองในระดับอนุภาค อะตอม ไอออน หรือโมเลกุลโดยในระดับนี้จะมีลักษณะเป็น มโนมติ หลักการ หรือทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนสามารถอธิบายโดยการเขียนแผนภาพจำลองแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานของธาตุ แสดงการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก ซึ่งนักเรียนแสดงโดยการเขียนธาตุ 20Ca และธาตุ 8O สร้างพันธะกัน จัดเรียงอิเล็กตรอน 20Ca ได้เป็น 2, 8, 8, 2 แสดงว่ามี 4 ระดับพลังงาน มีอิเล็กตรอนวงนอกเป็น 2 และต้องให้อิเล็กตรอนไป 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อให้อิเล็กตรอนแล้ว อะตอมของธาตุแคลเซียมมีประจุเป็น Ca2+ ส่วนธาตุ 8Oจัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น 2, 6 แสดงว่ามี 2 ระดับพลังงาน มีอิเล็กตรอนวงนอกเป็น 6 ต้องรับอิเล็กตรอนวงนอกอีก 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อรับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอนแล้ว อะตอมของธาตุออกซิเจน มีประจุเป็น O2-  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 สมการทางเคมีการเกิดปฏิกิริยา เช่น นักเรียนสามารถเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการทางเคมี โดยการเขียนสมการไอออนิก เมื่อนำสารเหล่านี้มาละลายน้ำ KOH,BaCl2 และ H2SOนักเรียนสามารถเขียนได้ว่า เมื่อนำ KOHละลายน้ำ เขียนสมการไอออนิกได้ KOH(S) K+(Aq) + OH-(aq), เมื่อนำ BaCl2 ละลายน้ำ เขียนสมการไอออนิกได้ BaCl2Ba2+(Aq) + 2Cl-(Aq) และเมื่อนำ H2So4(Aq) ละลายน้ำ เขียนสมการไอออนิกได้ H2SO4(Aq)  2H+(Aq) + SO42-(Aq) ดังแสดงตัวอย่างภาพที่ 4.6



***ภาพที่ 4.6*** การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 4.6 นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายแสดงความเข้าใจโดยการเขียนสมการไอออนิกเมื่อนำสารประกอบไอออนิกทำปฏิกิริยากันในสภาพที่เป็นสารละลาย และสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะไอออนิกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรมมาอธิบายในการทำกิจกรรมตามใบงานที่แสดงความเข้าใจและแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง และเมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมได้ข้อมูลดังนี้

ครู : พันธะไอออนิกเกิดขึ้นได้อย่างไร

นักเรียน : เกิดจากไอออนบวกกับไอออนลบ ถ้าประจุต่างกันก็จะ ดูดกัน

ครู : ไอออนบวกกับไอออนลบนี้มาจากไหน

นักเรียน : ไอออนมาจากธาตุที่ทำปฏิกิริยากันและมีการให้และ รับอิเล็กตรอนจะเกิดเป็นไอออน ค่ะ เช่น ธาตุที่เป็น โลหะจะเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุที่เป็นอโลหะจะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน เกิดเป็น ไอออนลบ

ครู : เพราะเหตุใดธาตุที่เป็นโลหะจะเป็นฝ่ายให้ และและธาตุ ที่เป็นอโลหะจะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน

นักเรียน : ดูจากค่า ENและค่า IEของทั้งสองธาตุแตกต่างกันฝ่าย หนึ่งจึงให้และอีกฝ่ายจะรับ เพื่อให้เวเลนต์อิเล็กตรอน ของตัวเองครบแปดจะเสถียร ค่ะ

ครู : ถ้าผสมสารละลายระหว่าง CuSo4 กับ Pb(NO3)2 สารละลายทั้งสองเป็นสารประกอบไอออนิกใช่หรือไม่

นักเรียน : ใช่ค่ะ เพราะสารพวกนี้จะแตกตัวเป็นไอออนได้

ครู : หลังจากที่นำเอาสารละลายทั้งสองมาผสมกันจะเป็น อย่างไร

นักเรียน : ก็ทำปฏิกิริยากันด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนกัน ค่ะ

ครู : แลกเปลี่ยนไอออนกันได้อย่างไร ค่ะ

นักเรียน : สารตั้งต้นจะแตกตัวออกเป็นไอออนบวกกับไอออนลบ แล้วไอออนที่แตกมานั้นทำการจับคู่กันใหม่ ค่ะ

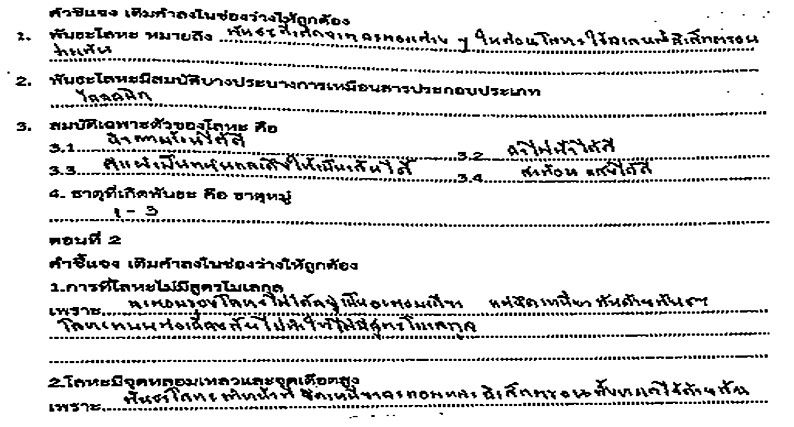
จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถเข้าใจเกี่ยวกับ การเกิดพันธะ และกระบวนการเกิดพันธะ อธิบายแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบจากการทำปฏิกิริยากันและมีการให้และรับอิเล็กตรอนจะเกิดเป็นไอออน ธาตุที่เป็นโลหะจะเป็นฝ่ายให้อิเล็กตรอน เกิดเป็นไอออนบวก และธาตุที่เป็นอโลหะจะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน 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 การใช้แบบจำลองอธิบายการเกิดพันธะ 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

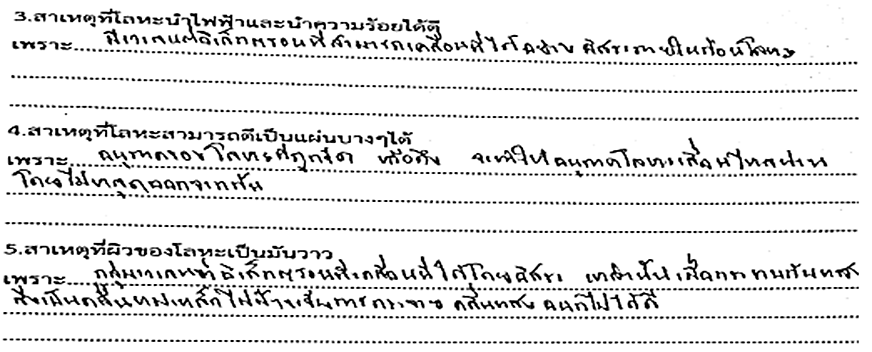
3.1). ระดับแมคโครสโกปิค เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่สัมผัสและสังเกตเห็นได้ชัดเจน จากการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึก หรือจากการทดลองมาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น นักเรียนแสดงความเข้าใจโดยการอธิบายพันธะโลหะ เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมต่างๆ ในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน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



***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 และ ก็ชอบให้อิเล็กตรอน

ครู : อิเล็กตรอนหลุดไปไหนค่ะ

นักเรียน : อยู่ในก้อนโลหะ เคลื่อนที่ไปมาอย่างอิสระ และยึด เหนี่ยวกันกับไอออนบวกของโลหะ ค่ะ

จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากสามารถเข้าใจและอธิบายถึงการเกิดพันธะโลหะได้ว่า พันธะโลหะเกิดจากอะตอมของธาตุโลหะกับโลหะ ที่เกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของโลหะเคลื่อนที่ไปมาได้อิสระทั่วทั้งก้อนโลหะ เพราะโลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ ทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ สามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะกับสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนมาอธิบายได้

จากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงานและสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะ การเขียนแผนภาพแสดงแบบจำลองพันธะโลหะได้ 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 CO2CCl4 และ N2 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 นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโดกปิค (Microscopic Level) คิดเป็นร้อยละ 78.12 อธิบายการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ว่า ธาตุแต่ละตัวต้องการอิเล็กตรอนกี่ตัว แล้วจะต้องนำอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกันกี่คู่จึงจะเสถียรตามกฎออกเตต เกิดเป็นพันธะชนิดใด แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจแล้วแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) คิดเป็นร้อยละ 78.12 แสดงด้วยการเขียนโครงสร้างลิวอีสทั้งแบบจุดและแบบเส้นได้ โดยสูตรแบบจุดเขียนโดยใช้จุด 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 พบว่าว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์และกระบวนการเกิดพันธะ สามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และการเขียนสูตรโครงสร้าง แบบจุดและแบบเส้นได้โดยแสดงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ 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 โดยกิจกรรมการเรียนนักเรียนสามารถนำหลักการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 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 ที่นักเรียนสามารถแสดงออกถึงความเข้าใจอธิบายหลักการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง เป็นการอธิบายการเขียนสูตรโมเลกุลที่เห็นได้ โดยเรียงลำดับธาตุที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำเป็นธาตุตัวแรก และค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงเป็นธาตุตัวหลัง จากนั้นนำจำนวนอิเล็กตรอนที่ต้องการเพิ่มอีกจนครบ 8 แล้วนำมาคูณไขว้กัน แล้วเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ ถ้าธาตุใดมีจำนวนอะตอมมากกว่า 1 ให้ระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้นไว้มุมล่างด้านขวาของสัญลักษณ์ธาตุ ส่วนการเรียกชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ ที่เป็นสารประกอบคู่อ่านชื่อธาตุที่อยู่ข้างหน้าตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ด้านหลังโดยเปลี่ยนเสียงท้ายพยางค์เป็นไ-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 ผู้วิจัยต้องการวัด

ระดับความสามรถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบ

จากคำถามในข้อที่ 3 ว่า “การสลายพันธะในโมเลกุล CCl4 1 โมล ออกเป็นอะตอมเดี่ยวต้องใช้พลังงานเท่าใด การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นแบบดูดหรือแบบคายพลังงาน CCl4(g) C(g)+ 4Cl(g) ” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายความหมายของพันธะ 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 CCl4 1 โมล ได้เท่ากับ CCl1 โมล มีพันธะ C-Cl= 4Molพลังงานพันธะของ C-Cl= 327 kJ/molพลังงานที่ใช้สลายพันธะของ CCl4 1 โมล เป็นดังนี้ 4mol x327 kJ/mol= 1308 kJดังนั้น การสลายพันธะในโมเลกุล CCl4 1 โมล ต้องการใช้พลังงาน 1308 กิโลจูล และเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดพลังงาน และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 62.50 เขียนสมการของปฏิกิริยาได้เป็น CCl4(g) C(g)+ 4Cl(g) การเขียนสูตรเพื่อแสดงพันธะในสารแต่ละชนิดของปฏิกิริยา และการแทนค่าพลังงานพันธะของพันธะต่างๆ ตามสูตรที่เขียนขึ้นได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายในแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 28.13 ไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยได้เรียนมามีแนวคิดคลาดเคลื่อน แสดงการอธิบายโดยไม่ค่อยเข้าใจว่าสิ่งที่แสดงนั้นจะอธิบายได้อย่างไร แทนค่าพลังงานพันธะไม่ได้จึงแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ไม่ถูกต้อง แต่มีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงความยาวพันธะและพลังงานพันธะ สามารถแทนค่าพลังงานพันธะของพันธะต่าง ๆ ตามสูตรที่เขียนขึ้น และสามารถคำนวณค่าพลังงานของปฏิกิริยาเคมีและอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานได้ถูกต้อง 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 ไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยได้เรียนมามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ไม่สามารถเขียนสูตรโครงสร้างและพิจารณาอะตอมกลางจึงไม่สามารถอธิบายการนับจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อะตอมกลางสร้างได้ สามารถเขียนแสดงโครงสร้างลิวอีสได้แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าธาตุนั้นๆต้องการอิเล็กตรอนร่วมกันกี่คู่เป็นพันธะชนิดใด 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 กับ ” 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 กับ อธิบายการเกิดพันธะโดยการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานของธาตุ ที่นำธาตุ 12Mg และธาตุ 8O สร้างพันธะกัน เมื่อจัดเรียงอิเล็กตรอน 12Mg ได้เป็น 2, 8, 2 มี 3 ระดับพลังงาน อิเล็กตรอนวงนอกเป็น 2 ซึ่งต้องให้ไป 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร เมื่อให้ไป 2 อิเล็กตรอนแล้ว แมกนีเซียมมีประจุเป็น Mg2+ และจัดจัดเรียงอิเล็กตรอน 8O ได้เป็น 2, 6 มี 2 ระดับพลังงาน อิเล็กตรอนวงนอกเป็น 6 ต้องรับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอนอะตอมจึงจะเสถียร จะมีประจุเป็น O2- ดังนั้น ธาตุแมกนีเซียม กับ ออกซิเจน รวมกันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกได้เป็น แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 81.25 อธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงาน 12Mg จัดเรียงอิเล็กตรอนได้ 2, 8, 2 มีประจุเป็น Mg2+ และ 8O จัดเรียงอิเล็กตรอนได้ 2, 6 รับอิเล็กตรอนอีก 2 อิเล็กตรอน มีประจุเป็น O2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 78.12 แสดงด้วยการเขียนแผนภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนและแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่เขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนอธิบายขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 15.63 ไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยได้เรียนมามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ไม่สามารถเขียนแผนภาพแสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละระดับพลังงานได้ และไม่สามารถเขียนแผนภาพการแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนในการเกิดสารประกอบได้ เนื่องจากไม่ทราบจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดของธาตุนั้น แต่มีนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนเข้าใจกระบวนการเกิดพันธะไอออนิกจริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถอธิบาย การเกิดพันธะไอออนิก เกิดจากอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะเพราะเป็นพันธะที่เกิดจากการให้และรับอิเล็กตรอน เพื่อตัวเองจะเสถียร และมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่สามารถบอกได้ว่าจัดเรียงแล้วได้อะไรเกิดขึ้น เพื่อที่จะเกิดเป็นไอออนบวกกับไอออนลบ แล้วเขียนแผนภาพแสดงการให้และการรับอิเล็กตรอนของสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้องแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับกระบวนการเกิดพันธะไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

6. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบ

ไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบทดสอบตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 6 ถามว่า “จงอธิบายและวาดรูปโครงสร้างสามมิติของผลึกโซเดียมคลอไรด์ มาโดยละเอียด” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายจากโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้ ดังนั้นการที่นักเรียนอธิบายสิ่งที่เข้าใจออกมาแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก 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 แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ 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 BaSo4CuCO3 Na2HPO4 และ NH4CN” แล้วนำคำตอบมาตีความหมายจัดกลุ่ม วิเคราะห์หาข้อมูล ซึ่งในความเข้าใจแนวคิดนี้นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ เพราะจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมใบงาน จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายขั้นตอนการสูตรเขียนและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ ดังนั้นนักเรียนควรจะมีระดับของการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียนที่อธิบายสิ่งที่เข้าใจออกมาแสดงออกของตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับความเข้าใจหรือแนวคิดของนักเรียน 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 Ca3(PO4)3 และ Al2(CO3)3ได้ถูกต้อง แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดกับแนวคิดที่เขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนบางส่วนร้อยละ 18.75 ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกว่า สารประกอบไอออนิกมีลักษณะที่เป็นโครงผลึกมีไอออนบวกกับไอออนลบล้อมรอบกันและกัน แต่นักเรียนยังให้อัตราส่วนระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบได้ไม่ถูกต้อง แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตร โดยอธิบายว่า เขียนธาตุตัวแรกที่เป็นโลหะไว้ด้านหน้าก่อนตามด้วยธาตุที่เป็นอโลหะไว้ด้านหลัง แล้วหาจำนวนอิเล็กตรอนที่ให้และรับอิเล็กตรอนมาคูณไขว้กันได้สูตรของสารประกอบไอออนิก และสามารถเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง แสดงได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจไปในทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

8. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบ ไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 8 ถามว่า “นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 gใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำบรรจุอยู่ 100 cm3 เมื่อนำ NaOHละลายหมดพบว่าสารละลายและบีกเกอร์ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว 8.1 การละลายของ NaOHเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบใด 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 นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับไมโครสโกปิค (Microscopic Level) ร้อยละ 78.12 อธิบายการเขียนสมการแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOH ได้เป็น 2 ขั้นตอน พลังงานแลตทิช โซเดียมไอออนกับไฮดรอกไซด์ไอออนในสถานะแก๊สรวมกันเป็นผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์และพลังงานไฮเดรชัน ไอออนที่แยกออกมาในขั้นที่ 1 รวมกับน้ำจะคายพลังงาน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 78.12 แสดงในการเขียนสมการแสดงขั้นตอนการละลายของ Naoh ได้เป็น 2 ขั้นตอน NaOH(s)Na+(g) + OH-(g) และ Na+(g) + OH-(g)Na+(aq)+ OH-(aq) แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนเขียนอธิบายตัวแทนความคิดทางเคมีกับแนวคิดที่นักเรียนเขียนขึ้น สามารถสื่อออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดได้ และมีนักเรียนร้อยละ 21.88 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนอธิบายบางขั้นตอนไม่ได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบใด และสามารถอธิบายได้แต่สมการการเปลี่ยนแปลงยังไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาได้ แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนมากที่มีความเข้าใจและแสดงความสามรถในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทางเดียวกัน โดยอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงพลังงานและแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOH ได้จริง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และความสามารถที่อธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

จากการวิเคราะห์แบบวัดระดับตัวแทนความคิดเกี่ยวกับพลังงานกับการสารประกอบไอออนิก พบว่าว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และเชื่อมโยงการแสดงขั้นตอนการละลายของ NaOH ได้เป็น พลังงานแลตทิช ที่โซเดียมไอออนกับไฮดรอกไซด์ไอออนในสถานะแก๊สรวมกันเป็นผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์ และพลังงานไฮเดรชัน โดยไอออนที่แยกออกมาเมื่อรวมกับน้ำจะคายพลังงาน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบคายพลังงาน เพราะมีพลังงานไฮเดรชันมากกว่าพลังงานแลตทิช แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ทราบว่านักเรียนสามารถที่จะเชื่อมโยงกับแนวความรู้เดิมที่เคยเรียนมาพัฒนาความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีเกี่ยวกับพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้เพิ่มขึ้น

9. ระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จากแบบวัดตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการพิจารณาคำตอบจากคำถามในข้อที่ 7 ถามว่า “จงอธิบายการเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการผสมสารละลายแต่ละคู่ต่อไปนี้ KBrกับ AgNO3 และ CaCl2 กับ Na2CO3” 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 โดยไอออนบวกของสารตัวหน้าไปรวมกับไอออนลบของสารตัวหลังไอออนบวกตัวหลังไปรวมกับไอออนลบตัวหน้าจะได้สารผลิตภัณฑ์ AgBr(S) และ CaCO3(s) แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความสามารถในสิ่งที่เข้าใจออกมาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเคมี และนักเรียนสามารถอธิบายระดับซิมโบลิค (Symbolic Level) ร้อยละ 75.00 จากการเกิดปฏิกิริยา สามารถเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการไอออนิกแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการผสมสารละลายของ KBrกับ AgNO3 ได้เป็น K+(aq) + KBr-(aq) + Ag+(aq) + NO3-(aq) AgBr(s) + K+(aq) + NO3-(aq) สมการไอออนิกสุทธิได้เป็น Ag+(aq) + Br-(aq) AgBr(s) และสมการไอออนิกของ CaCl2 กับ Na2CO3ได้ Ca2+(aq)+2Cl-(aq)+2Na+(aq)+ CO32-(aq)CaCO3(s)+2Cl-(aq)+2Na+(aq) สมการไอออนิกสุทธิได้เป็น Ca2+(aq) + CO32-(aq) CaCO3 (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 จะเห็นว่านักเรียนส่วนมากอธิบายได้ว่า พันธะโลหะมีสมบัติอย่างไรและเกิดเป็นพันธะโลหะได้อย่างไร 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 87.50อธิบายว่าพันธะโลหะ 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 การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 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 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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 | นักเรียนคิดว่าบทเรียนในวิทยาศาสตร์เป็นบทเรียนที่ทำให้ตื่นเต้น น่าสนใจ | 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 |
|  | Α- Reliability | 0.84 | | |

จากตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี พบว่า นักเรียนทั้งหมดมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( = 4.52, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณารายการประเมินภาพรวมทั้ง 21 ข้อ ของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด พบว่ารายการประเมินที่มีคะแนนเฉลี่ยต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์ความคิดเห็นระดับมาก คือ นักเรียนชอบทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ชอบฟังความคิดเห็นของคนอื่น  ( = 4.96) รองลงมาคือ นักเรียนมีความสนุกสนานเมื่อได้เรียนวิทยาศาสตร์ ( = 4.87) นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ชอบในงานศิลปะและชอบฟังเพลง ( = 4.80) และนักเรียนคิดว่าบทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นบทเรียนที่น่าสนใจ นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิต ( = 4.67) จากรายการประเมินแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อยู่ในความคิดเห็นระดับมากทั้งหมด และค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.84