

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

The study of Representation in Chemical Bonding at the 10th Grade Students According to Learning Inventory Activities with Constructivist Theory

วุฒิปงค์ รารัตน์¹ พรรณวิไล ดอกไม้² และเนตรชนก จันทรสว่าง³

Woottipong Rarat¹, Panwilai Dokmai² and Natchanok Jansawang³

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1, 2}

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม³

Science Education, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University^{1,2}

Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University³

Corresponding author, E-mail : woottipong02@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ จำนวน 14 แผน รวม 20 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ในระดับที่ 5 หรือระดับการสะท้อนถึงการใช้รูปแบบของตัวแทนความคิด ได้แก่ สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกมีจำนวนร้อยละของนักเรียนสูงสุด รองลงมาคือการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกมีจำนวนร้อยละของนักเรียนต่ำสุดนอกจากนี้ยังพบว่า การเกิดพันธะโคเวเลนต์ และความยาวและพลังงานพันธะ นักเรียนสามารถแสดงออกความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ในระดับที่ 2

คำสำคัญ : ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ; ตัวแทนความคิด

ABSTRACT

The purpose of this research study was to examine students' representations on Chemical Bonding at the 10th grade students issue of their post instructional inventory activities, which according to constructivist theory. Administer with a sample size of 34 secondary students at the 10th grade in Borabue Wittayakhan School, Borabue District in Maha Sarakham Province. Using the 14-Innovative Instructional Constructivist Theory Lesson Plans in 20 hours, mental representation test, and semi-structured interview. Statistics data analyzing was descriptive statistics. The results of this research have found that: students' responses of their understanding to their representations at the 5th level or reflective rhetorical use of representation in the properties and reactions of ionic compounds, formulations and nomenclatures of ionic compounds, and toward their energy with the formation of ionic compounds. It also found that the covalent bonding and bond length and energy, students' responses of their abilities in representations at the 2nd level.

Keywords : Constructivist Theory ; Representation



บทนำ

ผลการจัดการศึกษาของประเทศไทยในทุกๆระดับยังคงมีปัญหาทั้งด้านคุณภาพของคนไทยที่นักเรียนและผู้สำเร็จการศึกษาในระดับต่างๆ ยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คุณลักษณะ และทักษะอยู่ในระดับที่ยังไม่น่าพึงพอใจ [1] จากผลการประเมินนักเรียนระดับนานาชาติตามโครงการ PISA (Programme For International Student Assessment) ในปี 2015 พบว่าคะแนนของนักเรียนไทยอยู่ในลำดับที่ 54 มีคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 421 พบว่า ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนซึ่งเท่ากับ 493 คะแนนซึ่งลดลงจากการทดสอบครั้งก่อนเมื่อปี 2012 และลดลงตลอดช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ผลการประเมินวิทยาศาสตร์มีพัฒนาการน้อยมากมีเพียง 12 ประเทศที่มีคะแนนวิทยาศาสตร์ดีขึ้น [2]จากผลการประเมินทำให้ทราบว่านักเรียนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและการแสดงออกของตัวแทนความคิดในรูปแบบต่าง ๆ จึงส่งผลให้การสอบอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะวิชาเคมีซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในวิชาวิทยาศาสตร์

เคมีเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร [3] พันธะเคมีเป็นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญของวิชาเคมี มีลักษณะเนื้อหาเป็นนามธรรมซึ่งยากต่อการเข้าใจทำให้ส่งผลต่อความเข้าใจในวิทยาศาสตร์แขนงอื่นๆ นักเรียนส่วนใหญ่ลงความเห็นว่า เป็นวิชาที่ยากต่อการเข้าใจเนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันแต่จะเกี่ยวข้องกับระดับโมเลกุลซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงทำให้ยากต่อการเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับพันธะเคมี ส่งผลให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ไม่เข้าใจถึงความหมาย และไม่สามารถแสดงออกความเข้าใจในรูปแบบต่าง ๆ ได้ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ให้นักเรียนไม่สนใจและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ[4]การแสดงผลข้อมูลต่างๆ ในวิชาเคมีเป็นการอธิบายเกี่ยวกับสมบัติการเปลี่ยนแปลงหรือปฏิกิริยาเคมี แบ่งออกเป็น 3 ระดับ [5] คือ ระดับมหภาค (Macroscopic) เป็นการอธิบายสมบัติของสารหรือพฤติกรรมของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเกิดสนิม การเปลี่ยนสี การละลาย และสิ่งที่สัมผัสและวัดได้ เช่น น้ำหนัก ความหนาแน่น อุณหภูมิ การตกตะกอน ซึ่งพบได้ในชีวิตประจำวัน ระดับจุลภาค (Sub-Microscopic) เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสารในระดับที่บ่งบอก

ว่าสารที่สังเกตเห็นนั้นประกอบด้วยอะตอม โมเลกุล หรือไอออนชนิดใดบ้าง เช่น แบบจำลองแสดงการจัดเรียงการเคลื่อนที่อนุภาคของสาร และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่มองเห็นได้ (สิ่งที่เกิดขึ้นในระดับมหภาค) เช่น การเขียนสถานะของแก๊สใช้สัญลักษณ์แทนด้วย (g) อีกทั้งเป็นตัวแทนของสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (สิ่งที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค) เป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางเคมีด้วยการใช้สัญลักษณ์แทนสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น เพื่อแสดงให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตได้ตะกอนสีขาว ซึ่งเป็นการอธิบายในระดับมหภาค (Macroscopic) ผู้ทดลองสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลง แต่หากเป็นระดับจุลภาค (Sub-Macroscopic) จะเป็นการอธิบายการแลกเปลี่ยนไอออนของ Ca^{2+} กับ OH^- ระหว่าง Na^+ กับ CO_3^{2-} และในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นการเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมี

กิจกรรมที่จะส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ในระดับที่สูงสุดและเข้าใจวิชาเคมี ครูจะต้องเชื่อมโยงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นและเข้าใจการเปลี่ยนแปลง ดังแนวคิดของ Treagust et al. [6] กล่าวถึง ปฏิสัมพันธ์ทั้ง 3 ระดับว่ามีความสำคัญในการเรียนวิชาเคมีและมีความจำเป็นต่อการสร้างความเข้าใจ เพื่ออธิบายสิ่งที่มองไม่เห็นในรูปแบบการนำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลายพบว่า การจัดกิจกรรมที่เชื่อมโยงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิด 3 ระดับจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในตัวแทนความคิด เข้าใจหลักการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพนักเรียนสามารถเชื่อมโยงและเปลี่ยนแปลงระดับของตัวแทนความคิดจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบอื่นได้ [7]

การพัฒนาผู้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการจัดการเรียนการสอน เพราะเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่เพิ่มขีดความสามารถและสร้างศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนประยุกต์หลักการที่มีอยู่เดิมเข้ากับหลักการใหม่ที่เกี่ยวข้องเพื่อการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

[8] เป็นการปรับภาวะสมดุลในการเรียนรู้ด้วยการขยายกรอบโครงสร้างความรู้ความคิดผสานเข้ากับการดูดซึมความรู้ของผู้เรียน [9] ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ถือได้ว่าเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งและเข้าใจหลักการอย่างแท้จริงจากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้อย่างแท้จริง เรียนรู้ได้ตามเป้าหมาย และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง [10] ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นแนวทางในการตรวจสอบระดับความเข้าใจของนักเรียน และแสดงให้เห็นว่าความเข้าใจนั้นสามารถพัฒนาขึ้นและเปลี่ยนไปสู่ความคิดในระดับที่สูงขึ้นได้ [11] ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์พัฒนามาจากผลงานวิจัยของ Piaget และ Vygotsky จากการศึกษาทฤษฎีพบว่ามีมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้ต่างกัน โดย Piaget เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ ขณะที่ Vygotsky มองการเรียนรู้ว่าเกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคมโดยอาศัยสื่อกลางทางวัฒนธรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนที่คล้ายคลึงกันก็คือประสบการณ์และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน [12]

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นการสอนตามสภาพจริง ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดและการทำงานกลุ่มเพื่อการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง [13] การจัดกิจกรรมจะทำให้ความรู้สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาให้งอกงามขึ้นไปได้เรื่อยๆ โดยอาศัยกระบวนการพัฒนาโครงสร้างความรู้ภายในของบุคคลและการรับรู้สิ่งต่างๆ รอบตัวรวมถึงการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กันจึงจะสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ [14] ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของทิตนา แซมเมธี่ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดภาวะไม่สมดุลทางปัญญา 2) ขั้นสอน เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อเสนอเนื้อหาใหม่และให้นักเรียนเกิดภาวะสมดุลทางปัญญาประกอบไปด้วยขั้นย่อยคือ ขั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา ขั้นดำเนินกิจกรรมได้ตรงขั้น สรุปลโครงสร้างทางปัญญา และขั้นนำไปใช้ 3) ขั้นสรุปเป็นการสรุปเนื้อหาความรู้ของบทเรียนโดยภาพรวมโดยครูกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนและ 4) ขั้นประเมินเป็นขั้น

การวัดและประเมินผลนักเรียนจากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนจะเห็นได้ว่าบทบาทของครูมีความสำคัญต่อผู้เรียนเป็นอย่างมาก โดยครูจะต้องให้เวลากับผู้เรียนในการค้นหาคำตอบด้วยตนเองจากกิจกรรมที่ครูจัดให้ ครูต้องยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคล คอยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและอยากรู้ อยากเห็นในทุกสถานการณ์ ครูและผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน เช่น การพูดคุย การสนทนา และการซักถามข้อสงสัยเป็นต้น

จากเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด ซึ่งเชื่อว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบนี้จะช่วยให้เด็กนักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และสามารถแสดงออกความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้อย่างหลากหลาย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ขอบเขตการวิจัย

1. ตัวแปร

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และตัวแปรตาม ได้แก่ ตัวแทนความคิด

2. เนื้อหา

สาระกรอบแนวทางของเนื้อหาในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 ข้อที่ 4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและโมเลกุลของสาร ซึ่งประกอบด้วยเรื่อง พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ

3. สถานที่

โรงเรียนบรื๋อวิทยาคาร อำเภอบรื๋อ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26

4. ระยะเวลา

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองสอนนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560



วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนโรงเรียนบรบือวิทยาคาร ระดับชั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 34 คนจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random)

เครื่องมือการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 14 แผน รวม 20 ชั่วโมง วิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของคุณภาพแผนโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 แปลผลได้ว่ามีคุณภาพของแผนอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

2. แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 14 ข้อ วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง IOC โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.41-0.82 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.97

3. แบบสัมภาษณ์ตัวแทนความคิด เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างมีจำนวน 5 ข้อ วิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง IOC โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมในแต่ละแผนการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย หลังจากเรียนเสร็จ 1 สัปดาห์

3. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด แล้วบันทึกผลเป็นคะแนนหลังเรียน

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 14 แผน ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียน โดยเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกเสียง

5. เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำไปวิเคราะห์ผลตามวิธีการทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดโดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบ Rubrics ตามแนวคิดของ Michalchik et al. [15] แล้วนำจำนวนนักเรียนที่ตอบได้ไปจัดกลุ่มเพื่อหาค่าร้อยละในแต่ละระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด (Levels of Representational) แสดงดังตาราง 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด

ระดับที่	ความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด	คุณลักษณะสำคัญ
1	การนำเสนอตัวแทนความคิดโดยการบรรยาย (Representation as Depiction)	เมื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพบุคคลสามารถสร้างตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์นั้นโดยอยู่บนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพเท่านั้น ตัวแทนความคิดเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์นั้น ณ เวลาหนึ่ง
2	การนำเสนอทักษะสัญลักษณ์เบื้องต้น (Early Symbolic Skills)	เมื่อบุคคลสามารถสร้างตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์โดยอยู่บนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพร่วมกับองค์ประกอบไม่ได้ตระหนักถึงความหมายของคำและการเรียบเรียงให้เป็นประโยค

ระดับที่	ความสามารถของ การแสดงออกของ ตัวแทน ความคิด	คุณลักษณะสำคัญ
3	การสร้างประโยค โดยใช้รูปแบบหรือ สัญลักษณ์ของ ตัวแทนความคิด (Syntactic Use of Formal Representation)	บุคคลสามารถสร้าง ตัวแทนความคิดที่มี กระบวนการนำเสนอ ไม่ตรงตามแนวทาง วิทยาศาสตร์ มีการเชื่อม โยงระหว่างตัวแทนความคิด 2 ตัวแทนความคิด ที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ เดียวกันเพียงแค้อยู่ บนพื้นฐานในระดับการ วิเคราะห์คำและประโยค มากกว่าการพิจารณา ความหมายของตัวแทน ความคิด
4	การให้ความหมาย หรือประโยคของคำ ของตัวแทนความคิด (Semantic Use of Formal Representation)	บุคคลนั้นสามารถสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแทนความคิดโดย อยู่บนพื้นฐานของความ หมายของตัวแทนความคิด ที่ถูกต้องตามหลัก วิทยาศาสตร์ สามารถ ปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิด หนึ่งไปสู่อีกตัวแทน ความคิดหนึ่งได้ สามารถ ใช้ตัวแทนความคิด แก้ ปัญหา หรือทำนายได้

ระดับที่	ความสามารถของ การแสดงออกของ ตัวแทน ความคิด	คุณลักษณะสำคัญ
5	การสะท้อนถึงการใช้ รูปแบบของตัวแทน ความคิด (Reflective Rhetorical Use of Representation)	บุคคลสามารถใช้ตัวแทน ความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิด อธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง สมบัติทางกายภาพและ กระบวนการที่ซ่อนอยู่ อธิบายบริบทในสังคม และสำนวนภาษาได้ มี การตีความหมายของ ประโยคที่ถูกต้อง

ผลการวิจัย

การศึกษิตัวแทนความคิดของ เรื่อง พันธะเคมี ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์ผลโดยการจัดกลุ่มของ
คำตอบที่ได้เพื่อระบุระดับความสามารถของการแสดงออกของ
ตัวแทนความคิดตามแนวคิดของ Michalchik et al. [15]
ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถของการ
แสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 2 ถึงระดับที่ 5
แสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

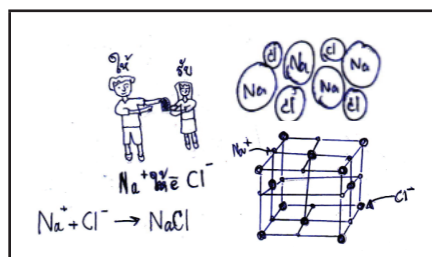


ตารางที่ 2 ร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับความสามารถของ
การแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี

เนื้อหา	ระดับความสามารถของการแสดงออก ของตัวแทนความคิด (ร้อยละ)				
	1	2	3	4	5
1. การเกิดและ โครงสร้าง สารประกอบ ไอออนิก			8.82	23.53	67.65
2. การเขียนสูตร และการเรียกชื่อ สารประกอบ ไอออนิก				14.71	85.29
3. พลังงานกับ การเกิดสารประ กอบไอออนิก				61.76	38.24
4. สมบัติและ ปฏิกิริยาของ ไอออนิก				11.76	88.24
5. การเกิดพันธะ โคเวเลนต์		5.88	11.76	29.41	52.95
6. ชนิดของพันธะ โคเวเลนต์ และ โมเลกุลที่ไม่เป็น ไปตามกฎ ออกเตต			8.82	26.47	64.71

เนื้อหา	ระดับความสามารถของการแสดงออก ของตัวแทนความคิด (ร้อยละ)				
	1	2	3	4	5
7. การเขียนสูตร และการเรียกชื่อ สารโคเวเลนต์				41.18	58.82
8. ความยาวและ พลังงานพันธะ		5.88	5.88	17.65	70.59
9. แนวคิดเกี่ยว กับเรโซแนนซ์			11.76	32.35	55.89
10. รูปร่างของ โมเลกุล				35.29	64.71
11. สภาพขั้วของ โมเลกุลโคเวเลนต์				29.41	70.59
12. แรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุล โคเวเลนต์				44.12	55.88
13. สารโครง ผลึก่างตาข่าย				38.24	61.76
14. พันธะโลหะ				32.35	67.65

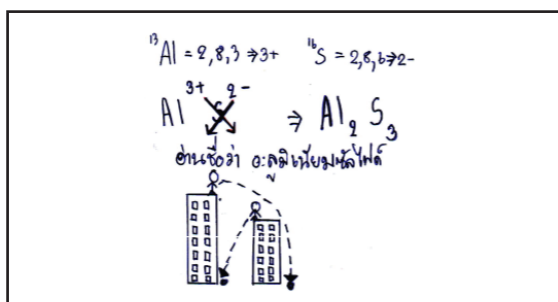
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดและโครงสร้าง
สารประกอบไอออนิก พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจ
ผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 67.65
ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเกิดและโครงสร้างสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 1 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง การเกิดและโครงสร้างสารประกอบไอออนิก โดยการวาดภาพการ์ตูนเพื่อสื่อถึงการแลกเปลี่ยนไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ และนักเรียนอธิบายโครงสร้างโดยการวาดภาพเป็นก้อนผลึกซึ่งภายในก้อนผลึกประกอบด้วยอะตอมของโซเดียมและอะตอมของคลอไรด์ล้อมรอบ

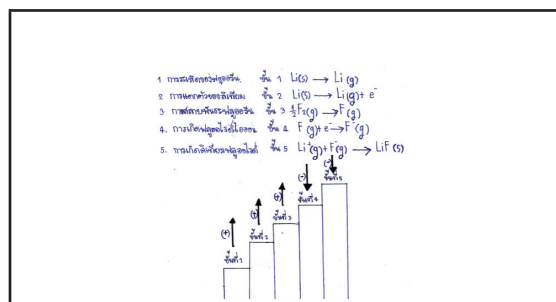
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 85.29 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 2 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โดยการสร้างแบบจำลองการโยนวัตถุจากที่สูงเพื่อสื่อถึงไอออนของธาตุ และใช้แผนภาพการคูณไขว้ของสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าแล้วตามด้วยไอออนลบเพื่อกำหนดอัตราส่วนอย่างต่ำและเรียกชื่อสารประกอบโดยการอ่านไอออนบวกก่อนแล้วตามด้วยไอออนลบแล้วเปลี่ยนเสียงพยางค์สุดท้ายเป็นไอดี แสดงว่านักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดและสามารถประยุกต์ใช้ได้

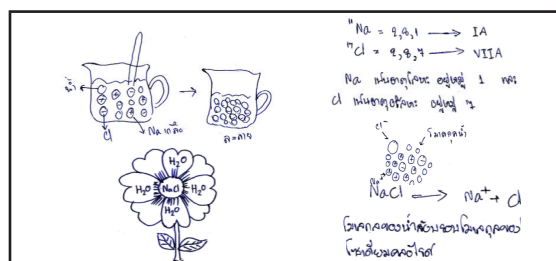
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 38.24 ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 3 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกนักเรียนสามารถนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดโดยใช้แบบจำลองชั้นบันไดอธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงานทั้ง 5 ขั้นตอน แสดงว่านักเรียนเข้าใจระดับพลังงานที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้น และนักเรียนเข้าใจว่าจะกระบวนการเกิดลิเทียมฟลูออไรด์ ประกอบด้วยขั้นเกิดการระเหิดของลิเทียม ขั้นการแตกตัวเป็นไอออนของลิเทียม ขั้นการสลายพันธะของแก๊สฟลูออรีน ขั้นการเกิดฟลูออไรด์ไอออน และขั้นการเกิดลิเทียมฟลูออไรด์

ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 88.24 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

จากภาพที่ 4 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก โดยการวาดภาพดอกไม้โดยให้ตำแหน่งของเกสรดอกไม้เป็นโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์และให้ตำแหน่งของกลีบดอกเป็นโมเลกุลของน้ำ ส่วนการอธิบายปฏิกิริยาพบว่านักเรียนวาดภาพของการทดลอง



เพื่อเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้นและเรียบเรียงเป็นภาษาสำนวนที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุล

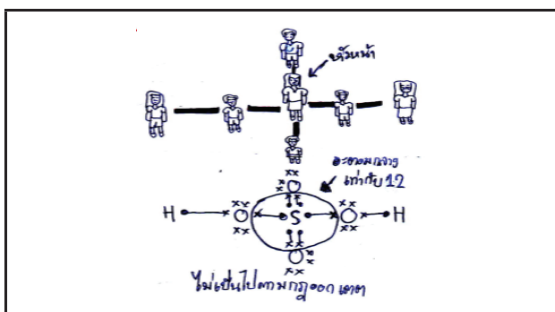
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 52.95 ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

จากภาพที่ 5 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดในการนำเสนอโดยการวาดภาพการจับมือกันกับหญิงจับมือกัน นักเรียนแสดงสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสเพื่อให้เข้าใจว่าโมเลกุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมทั้งสองที่เป็นไปตามกฎออกเตตพบว่าตัวแทนความคิดทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน นักเรียนจึงสามารถประยุกต์ใช้และอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดได้อย่างเข้าใจ

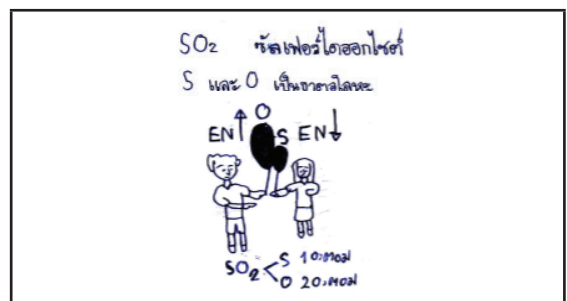
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 64.71 ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

จากภาพที่ 6 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดโดยการอธิบายโมเลกุลของกรดซัลฟิวริกว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตนักเรียนสร้างตัวแทนความคิดโดยการสร้างแบบจำลองกลุ่มบุคคลเพื่ออธิบายตำแหน่งของอะตอมกลางและอะตอมล้อมรอบซึ่งพิจารณาได้ว่าโมเลกุลของกรดซัลฟิวริกเป็นชนิดพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่อิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเท่ากับ 12

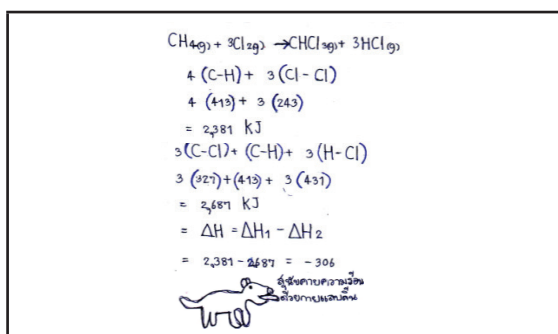
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 58.82 ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

จากภาพที่ 7 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ โดยนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดระหว่างสมบัติทางกายภาพร่วมกับรูปแบบสัญลักษณ์เพื่ออธิบายกระบวนการที่ซ่อนอยู่ภายในระดับสัญลักษณ์ นักเรียนพยายามที่จะอธิบายการเขียนสูตรโดยใช้ภาพการจับมือเพื่อจินตนาการของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมาช่วยในการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดนักเรียนสามารถกำหนดอะตอมกลางและอะตอมล้อมรอบได้ซึ่งพิจารณาจากการลำดับธาตุจากค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีน้อยกว่าแล้วตามด้วยธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมากกว่าและนักเรียนเรียกชื่อสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ถูกต้องตามหลักการแสดงว่านักเรียนเข้าใจความหมายและความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิด

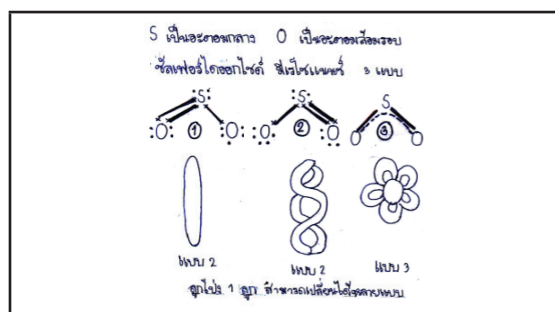
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง ความยาวและพลังงานพันธะพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 70.59 ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ความยาวและพลังงานพันธะ

จากภาพที่ 8 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาซึ่งอยู่ในระดับโมเลกุล โดยอธิบายปฏิกิริยาการคายพลังงานโดยใช้ภาพวาดการ์ตูนสุนัขคายความร้อนโดยการหายใจหอบหรือห้อยลิ้นออกมาในขณะที่เดียวกันถ้าสุนัขต้องการความเย็นก็จะหายใจเข้าจมูกแล้วปิดปากไว้แทนทำให้ทราบว่านักเรียนสื่อถึงการสลายพันธะต้องดูดพลังงานและการสร้างพันธะจะคายพลังงานนักเรียนปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งโดยนักเรียนเชื่อว่าเมื่อเกิดการสลายพันธะในโมเลกุลออกเป็นอะตอมเดี่ยวจะต้องใช้พลังงาน -306 กิโลจูลซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบคายพลังงานจากสมการเคมีที่นักเรียนเขียนทำให้ทราบว่า การเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกี่ยวข้องกับการสลายพันธะในสารตั้งต้นและจะสร้างพันธะในผลิตภัณฑ์ นักเรียนเลยสร้างแนวความคิดว่าสร้างคายสลายดูด แสดงว่านักเรียนเข้าใจความหมายและความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิด

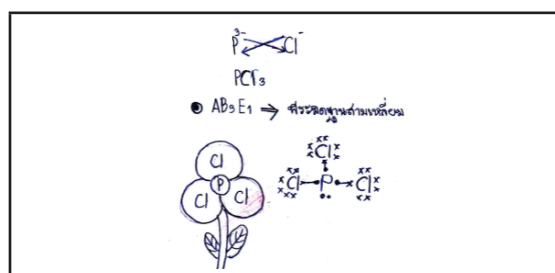
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 55.89 ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

จากภาพที่ 9 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายกระบวนการที่ซ่อนอยู่ภายในระดับโมเลกุลของสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการวาดภาพที่มีความแตกต่างกัน 3 ภาพเพื่อสื่อถึงว่าโครงสร้างของสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีได้หลายแบบและมีหลายโครงสร้างเรโซแนนซ์นักเรียนใช้ภาพมาอธิบายเป็นสำนวนภาษาซึ่งสอดคล้องกัน ทำให้เข้าใจว่าโครงสร้างเรโซแนนซ์พิจารณาได้จากโครงสร้างลิวอิสที่เขียนได้มากกว่า 1 แบบ

ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง รูปร่างของโมเลกุลพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 64.71 ดังแสดงในภาพที่ 10

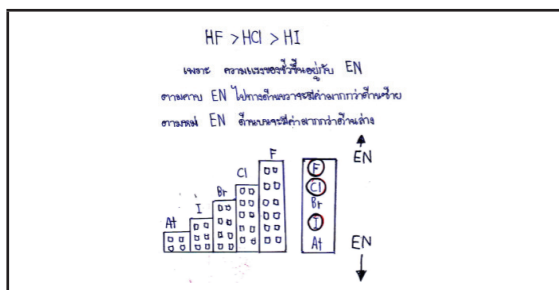


ภาพที่ 10 รูปร่างของโมเลกุล



จากภาพที่ 10 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง รูปร่างของโมเลกุล นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายถึงกระบวนการที่ซ่อนอยู่ภายในระดับโมเลกุลโดยใช้รูปภาพ นักเรียนวาดรูปดอกไม้เพื่อแสดงรูปร่างโมเลกุลโดยให้ตำแหน่งเกสรเป็นอะตอมกลางส่วนกลีบดอกให้เป็นอะตอมล้อมรอบ นักเรียนแสดงโครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงโมเลกุลฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ว่าเป็นรูปร่างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

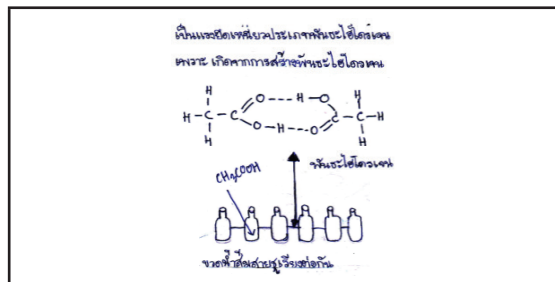
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 70.59 ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

จากภาพที่ 11 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการเปรียบเทียบความแรงของสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยการวาดภาพตึกในระดับความสูงที่แตกต่างกัน นักเรียนเข้าใจว่าตึกที่มีความสูงมากจะมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมากและจะมีความแรงของสภาพขั้วมาก นักเรียนพิจารณาความแรงของขั้วว่าขึ้นอยู่กับค่า อิเล็กโตรเนกาติวิตี พบว่า HF ซึ่งมีความแรงมากกว่า HCl และ HI ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิดที่สื่อออกมาและมีการปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่ง เช่น การอธิบายแนว โนมของอิเล็กโตรเนกาติวิตีของสมบัติตามหมู่ของธาตุหมู่ 7A กับภาพที่นักเรียนวาดพบว่ามีความสอดคล้องกันแสดงว่านักเรียนอธิบายความสัมพันธ์และสามารถประยุกต์ใช้ตัวแทนความคิดได้อย่างเข้าใจ

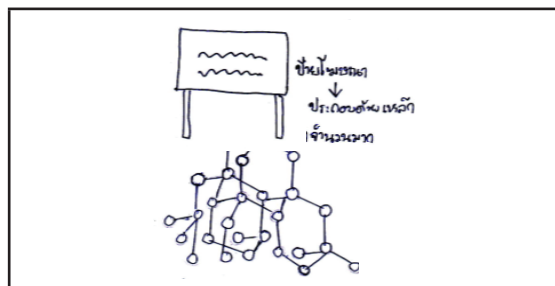
ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 55.88 ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

จากภาพที่ 12 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงลักษณะทางกายภาพไปสู่ระดับสัญลักษณ์เมื่อนักเรียนเข้าใจระดับตัวแทนความคิดจากแบบจำลองโมเลกุลแสดงว่านักเรียนเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด นักเรียนสร้างแบบจำลองขวดพลาสติกแทนโมเลกุลของกรดเอซิกที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนโดยเข้าใจว่าอนุภาคของโมเลกุลกรดเอซิกจะอยู่ห่างกันแสดงว่านักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลเมื่อพิจารณาโมเลกุลกรดเอซิก พบว่า มีแรงยึดเหนี่ยวประเภพันธะไฮโดรเจนเพราะ เกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล

ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สารโคจรผลึกวางตาข่ายพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 61.76 ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 สารโคจรผลึกวางตาข่าย

จากภาพที่ 13 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง สารโคจรผลึกวางตาข่าย นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดโดยการวาดภาพป้ายโฆษณาขนาดใหญ่เปรียบเสมือนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งประกอบด้วยหลักเส้นเป็นจำนวนมากที่เปรียบเสมือนกับพันธะระหว่างโมเลกุลนักเรียนเข้าใจว่าสารโคจรผลึกวางตาข่ายมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่มีจุดหลุดเหลวและจุดเดือดสูงซึ่งเพชรมีความแข็งแรงมากกว่าแกรไฟต์และซิลิกอนไดออกไซด์นักเรียนใช้สำนวนภาษาเพื่ออธิบายคุณสมบัติของสารโคจรผลึกวางตาข่ายว่า เพชรตัดเพชรนั้นหมายถึงเพชรมีความแข็งแรงกว่าอัญมณีอื่น

ผลการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะโลหะพบว่า นักเรียนสามารถแสดงความรู้เข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 67.65 ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 พันธะโลหะ

จากภาพที่ 14 นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 เรื่อง พันธะโลหะ นักเรียนนำเสนอผ่านตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายสิ่งที่ซ่อนอยู่ภายในโดยการสร้างแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนในโลหะเพื่ออธิบายการเกิดและสมบัติของโลหะ นักเรียนเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด โดยนักเรียนเข้าใจการเกิดพันธะโลหะว่าเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกมีค่าพลังงานไอออนไนเซชันต่ำสามารถนำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีและอธิบายปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลได้ว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระไปทั่วก้อนของโลหะ

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์กลุ่มที่ศึกษาด้วยแบบสัมภาษณ์ตัวแทนความคิดซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จากการ

สัมภาษณ์กลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับที่ 5 ให้เหตุผลว่า ครูมีการจัดกระบวนการเรียนการสอนที่เป็นระบบ ส่งเสริมต่อความเข้าใจของนักเรียน ไม่ปิดกั้นคำตอบของนักเรียน และคอยสนับสนุนชี้แนะ แนวทางต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดที่เป็นระบบ จึงทำให้แสดงความเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ครูให้ปฏิบัติกิจกรรมบทบาทสมมติแสดงเป็นตัวละครต่างๆ ในการเกิดพันธะไอออนิกนักเรียนที่มีความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับที่ 4 ให้ข้อคิดเห็นว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูนั้นให้ทำกิจกรรม และมีสื่อการสอนในแต่ละเนื้อหาที่มีความหลากหลาย ทำให้เข้าใจและมองเห็นภาพจริงว่ากระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน (ระดับจุลภาค) เกิดขึ้นได้อย่างไร นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจหลักการของทฤษฎีต่างๆ จากการปฏิบัติกิจกรรม นอกจากนั้นยังเข้าใจเนื้อหาจากแบบฝึกหัดที่ได้ทำนักเรียนที่มีความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับที่ 3 ให้ข้อคิดเห็นว่า ก่อนข้างที่จะเข้าใจบทเรียนจึงเขียนสัญลักษณ์เบื้องต้นและกลุ่มคำบางคำได้เท่านั้น แต่ไม่รู้ว่าคำตอบที่เขียนลงไปถูกหลักการและทฤษฎีของบทเรียนหรือไม่ นักเรียนให้เหตุผลว่าจำธาตุตัวอย่างไม่ได้จึงไม่สามารถแสดงการได้มาของคำตอบได้ และสับสนระหว่างกลุ่มธาตุที่รวมตัวกันเพื่อเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์และพันธะไอออนิก นักเรียนที่มีความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดในระดับที่ 2 ให้ข้อคิดเห็นว่า เป็นเรื่องที่ยากต่อการเข้าใจเนื้อหาที่มีความซับซ้อนอยู่ในระดับโมเลกุล

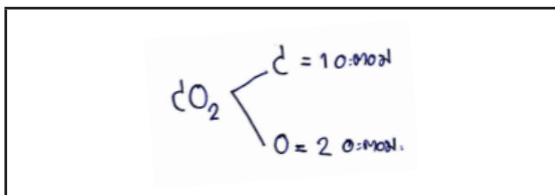
นอกจากนี้นักเรียนยังให้ข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าจะต้องจัดกิจกรรมที่บูรณาการกับวิชาศิลปะและดนตรี ซึ่งเป็นการทำงานของสมองในซีกขวา นักเรียนอยากทำกิจกรรมที่ผ่อนคลาย เนื่องจากส่วนใหญ่ลงความคิดเห็นว่าบทเรียนพันธะเคมีเป็นเรื่องที่ยากมีทฤษฎีและหลักการต่างๆ ที่ต้องใช้ความจำเป็นอย่างมากในการเรียนรู้

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกความรู้เข้าใจผ่านตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 หรือระดับการสะท้อนถึงการใช้ตัวแทนความคิดเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

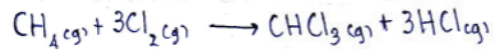


เนื่องจาก ผู้วิจัยได้เลือกใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านกระบวนการสร้างอย่างถูกต้อง โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ดำเนินตามขั้นตอนโดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญและตอบสนองความแตกต่างของแต่ละบุคคล และมุ่งให้นักเรียนสร้างความรู้และเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด จะทำให้นักเรียนมีระดับความสามารถของการแสดงออกได้ในระดับสูงสุด ผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรมและสื่อการสอนที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นภาพเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ได้แก่ การทดลอง การสร้างแบบจำลอง การสร้างแผนผังความคิด ตัวอย่างของจริง ภาพเคลื่อนไหว รูปภาพ และวิดีโอ เป็นต้น แต่พบว่าการเกิดพันธะโคเวเลนต์ และความยาวและพลังงานพันธะ มีระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 2 ถึง ระดับที่ 5 ส่วนใหญ่ลงความคิดเห็นว่าเป็นเรื่องที่ยากต่อการเข้าใจเนื้อหาที่มีความซับซ้อนอยู่ในระดับโมเลกุล และยังสับสนระหว่างกลุ่มธาตุที่เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ โดยจะเข้าใจพันธะไอออนิกมากกว่าพันธะโคเวเลนต์ จึงเขียนได้เพียงระดับสัญลักษณ์เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตัวแทนความคิดในระดับที่ 2การเกิดพันธะโคเวเลนต์

นักเรียนลงความคิดเห็นเรื่องความยาวและพลังงานพันธะว่าเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากเป็นแบบทดสอบการคำนวณและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยา นักเรียนต้องเขียนสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารทุกโมเลกุลในสมการเคมีเพื่อพิจารณาค่าพลังงานพันธะ นักเรียนบางส่วนเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาไม่ได้มีความเข้าใจอยู่บนพื้นฐานในลักษณะกายภาพร่วมกับสัญลักษณ์เบื้องต้นเท่านั้น ส่งผลให้คำนวณหาพลังงานและพิจารณาประเภทของปฏิกิริยาไม่ได้ จึงเขียนได้เพียงระดับสัญลักษณ์เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ตัวแทนความคิดในระดับที่ 2ความยาวและพลังงานพันธะ

จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีความสอดคล้องกับ Treagust [6] ที่ทำการศึกษาเพื่อประเมินวิธีการสอนของครูในการส่งเสริมให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย โดยใช้ตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ ในการสอน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและอธิบายการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างเข้าใจ โดยใช้ระดับของตัวแทนความคิดที่หลากหลายมาใช้ในการอธิบาย สอดคล้องกับ Supasom, S. [16] กล่าวว่า การจัดกิจกรรมและใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย เช่น ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์การจำลองแบบจำลอง จะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติทางเคมีของสารและปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับ Poonpipat, W. [17] ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อโมโนทัศน์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร พบว่า การเรียนด้วยรูปแบบตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในโมโนทัศน์ และช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง สามารถใช้แทนความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น และสอดคล้องกับ Jenklang, R. [18] ที่พัฒนาความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย พบว่า การใช้ตัวอย่างจริงและแบบจำลองประกอบการอธิบาย จะทำให้นักเรียนอธิบายความหมายของพอลิเมอร์แต่ละประเภทในระดับโมเลกุลได้ และพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดได้ในระดับที่ 5 ซึ่งเป็นระดับความสามารถสูงสุด

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่ามีความสอดคล้องกันไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยกันแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และการใช้สื่อการสอนที่มีความหลากหลาย จะส่งเสริมให้นักเรียนมีระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ในระดับสูงสุด ดังผลของการวิจัยที่นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์และอธิบายความหมายของตัวแทนความคิดได้ ทำให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ระดับโมเลกุล เพื่อเชื่อมโยงเข้ากับสิ่งที่เห็นในระดับมหภาค พร้อมทั้งสามารถเขียนอธิบายให้เข้าใจตรงกันได้อย่างสากลในระดับสัญลักษณ์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนไม่ควรปิดกั้นหรือกำหนดขอบเขตรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดของนักเรียน ครูควรจัดสถานการณ์ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันและต้องเป็นเรื่องราวใกล้ตัวของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงเหตุการณ์ต่าง ๆ เข้ากับเนื้อหาบทเรียนได้อย่างเข้าใจ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ควรปิดกั้นหรือกำหนดขอบเขตรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดของนักเรียน
2. ครูควรจัดกิจกรรมที่เชื่อมโยงเคมี 3 ระดับ เพื่อให้นักเรียนแสดงออกถึง ความเข้าใจในกระบวนการคิด เมื่อทราบว่านักเรียนบกพร่องในระดับใด ครูจะได้ช่วยเหลือนักเรียนต่อไป
3. ครูควรจัดสถานการณ์ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันและต้องเป็นเรื่องราวใกล้ตัวของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงเหตุการณ์ต่างๆ เข้ากับเนื้อหาบทเรียนได้อย่างเข้าใจ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of the Education Council. (2017). **Synopsis of the National Scheme of Education B.E. 2017-2036**. Bangkok : Prikwan Graphic.
- [2] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2015). **PISA Problem Solving Assessment**. Journal of IPST Magazine. 43(191), 37-41.
- [3] Ministry of Education. (2008). The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Bangkok : Kurusapa Printing Ladphrao.
- [4] Boo, H. K. (1998). Students understanding of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, 35, 569-581.
- [5] Gilbert, J. K., and Treagust, D. F. (2009). **Multiple representation in Chemical Education**. Models and Modeling in Science Education. Springer, 4(1), 333-350.
- [6] Treagust, D.F., Chittleborough, G., and Mamiala, T. L. (2007). **The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanation**. International Journal of Science Education, 25, 1353-1368.
- [7] Kozma, R., and Ruaael, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, 43(9), 949-968.
- [8] Garnett, J. and Treagust, D. F. (1992). Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuits and Oxidation-Reduction Equation. **Journal of Research in Science Teaching**, 29, 121-142.
- [9] Chen, C. (2003). A Constructivist Approach to Teaching Implications in Teaching Computer Networking. **Information technology Learning and Performance Journal**, 21(2), 120-123.
- [10] George, E. H. (1991). Constructivist Learning Theory. CECA (International Committee of Museum Educators) Conference. Jerusalem Israel, 15-22.
- [11] Mvududu, N. H., and Burgess, J. T. (2012). Constructivism in Practice: The Case for English Language Learners. **International Journal of Education**, 4(3), 108-118.



- [12] Amineh, R. J., and Asl, H. D. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. **Journal of Social Sciences, Literature and Languages**, 1(1), 9-16.
- [13] Cobb, P. (1994). **Where is the Mind Constructivist and Sociocultural Perspective on Mathematical Development**. Education Researcher, 23(7), 13-20.
- [14] Khammanee, T. (2015). Teaching Method. 19th ed. Bangkok : Chulalongkorn University Printing House.
- [15] Michalchik, V., Rosenquist, A., Komzma, R., Kreikemeier, P., and Schank, P. (2008). **Representations Resources for Constructing Shared Understanding in the high School Chemistry Classroom**. Theory and Practice in Science Education. Springer, 233-282.
- [16] Supasorn, S. (2012). Roles of Mental Models in Learning Chemistry at Molecular Level. **Journal of Education Khon Kaen University**, 35(1), 1-7.
- [17] Poonpipat, W. (2014). Effects of instruction based on the constructivist approach with multiple scientific representations of concepts on matter and properties and analyzing the ability of lower secondary school students. **An Online Journal of Education**, 9(1), 371-383.
- [18] Jenklang, R. (2015). **The Development of Grade 12 Students' Representation Competence about Polymer Using Multiple Representation**. National Graduate Research Conference, 34(1), 1658-1664.