

การพัฒนาความเข้าใจโมโนทัศนพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
Development of Covalent Bond Conceptual Understanding for Grade 10
Students Through Model – Based Learning Approach

มะลิวัลี ผะสมพีซ¹, หนูกร ปฐมพรพร²
Maliwan Phasomphuet¹, Nookorn Pathommapas²

Receive: 21 กันยายน 2566 Revised: 31 ตุลาคม 2566 Accepted: 6 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจโมโนทัศนพันธะโคเวเลนต์ ก่อนเรียนและหลังเรียน และการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมโนทัศนพันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 33 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดหนองบัวลำภู ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดความเข้าใจโมโนทัศนพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบวินิจัย 2 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบแบบทีไม่อิสระ (t-test for dependent samples) การทดสอบไคสแควร์แบบ McNemar ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความเข้าใจโมโนทัศนพันธะโคเวเลนต์ หลังเรียน ($\bar{x} = 13.36$ หรือ 74.22%) สูงวก่อก่อนเรียน ($\bar{x} = 5.21$ หรือ 28.96%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมโนทัศนที่ไม่สอดคล้องเป็นความเข้าใจโมโนทัศนที่สอดคล้องกับโมโนทัศนพันธะโคเวเลนต์มากขึ้นจากร้อยละ 16.16 เป็นร้อยละ 83.84 และนักเรียนร้อยละ 95.45 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมโนทัศนเชิงบวก (+) กล่าวคือ มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมโนทัศนจากระดับต่ำไปเป็นระดับที่สูงขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ความเข้าใจโมโนทัศน, พันธะโคเวเลนต์

¹ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ; Master Student of Education Program in Science Education, Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, Thailand; e-mail: creamm605@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี; Assistant Professor Dr., Udon Thani Rajabhat University, Thailand.

ABSTRACT

The purposes of this research were to study and compare the conceptual understanding of covalent bond concepts before and after learning, and to study the changing of understanding concepts of 33 grade 10 students who studied in the first semester of the academic year 2023 at one large secondary school in Nong Bua Lam Phu Province. The participants were selected by using cluster random sampling technique. The one group pretest-posttest design was conducted in this study. The research instruments were; 1) 6 lesson plans on Model-Based learning. And two-tier diagnostic test conceptual understanding test. The data collection were analyzed by frequency, mean, percentage, and standard deviation. T-test for Dependent Samples and McNemar test were used for hypothesis test. The findings of the study were as follows: The students' understanding of covalent bond concepts after learning ($\bar{x} = 13.36$ or 74.22%) was higher than before learning ($\bar{x} = 5.21$ or 28.96%) at the statistical significance level of .01. The number of students changing their understanding from non- scientific view to scientific view was greater than the number of those changing from scientific to non-scientific view from 16.16% to 83.84% and 95.45% of students tended to change their understanding concepts in a positive way (+), that is, there was understanding from lower to higher levels.

KEYWORDS: Model – based learning (MBL), Conceptual understanding, Covalent bond

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายหลักของการจัดการศึกษาทุกระบบ คือการเตรียมเยาวชนให้เป็นกำลังคนที่มีศักยภาพในอนาคต การให้การศึกษาที่สอดคล้องกับเป้าหมายจึงต้องให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในชีวิตจริงสามารถคิด วิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ เพื่อให้มีศักยภาพในการแข่งขันในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์, 2555: 1) ยิ่งในยุคปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมรวมถึงการเปลี่ยนผ่านสู่โลกดิจิทัล (digital transformation) การมีความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนานักเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจในแนวคิด หลักการ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์โดยเน้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด ลงมือปฏิบัติและหาความรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การปฏิบัติการทดลอง การอภิปราย การวิเคราะห์ข้อมูล สืบค้นและนำเสนอผลงาน เพื่อเป็นการพัฒนาทางความคิด ทั้งการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ และการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์เพื่อนำไปสู่การมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560: 2) การจัดการเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพได้นั้น มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง จากงานวิจัยพบว่าการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ไม่ว่าจะในห้องเรียนที่เน้นการสอนแบบบรรยาย หรือห้องเรียนที่จัดการเรียนการสอนแบบใหม่ ๆ หรือเน้นทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง (constructivism theory) ล้วนแล้วแต่มีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ เนื้อหา วิธีการถ่ายทอดของครูผู้สอน ความเข้าใจของนักเรียนและสิ่งแวดล้อมสำหรับการเรียนรู้ (Tweed, 2009: 42) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์นอกจากจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและวิธีการสอนแล้ว ครูผู้สอนเองจะต้องใช้ประสบการณ์ ความรู้ในหลาย ๆ ด้านผนวกกันเพื่อออกแบบและเลือกกลวิธีสอนที่เหมาะสม แต่ในปัจจุบันพบว่า มีปัญหาหลายประการที่พบในระหว่างการจัดการเรียนการสอน เช่น นักเรียนขาดความเข้าใจในบทเรียนในเรื่องที่เรียน หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นผลให้กระบวนการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้ยาก (บุษกร ปทุมโกยะ, 2544: 156)

การจัดการเรียนการสอนเพื่อสร้างมโนทัศน์มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากมโนทัศน์จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้ในเรื่องนั้น ๆ จนถึงระดับที่สูงขึ้น และนอกจากนี้ยังช่วยให้เรียนรู้สิ่งที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็วเพราะเกิดการจัดระบบระเบียบของข้อมูลไว้อย่างเรียบร้อยแล้ว ในสมองเมื่อได้พบกับสิ่งเร้าใหม่ก็สามารถจัดหมวดหมู่และเชื่อมโยงกับมโนทัศน์เก่าที่มีอยู่ได้ง่าย (นวลจิต เชาว กิรติพงศ์, 2537: 6) การสอนมโนทัศน์มีประโยชน์ต่อความเข้าใจและการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมาก ทั้งนี้ประสิทธิผลจะเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับความสามารถในการถ่ายทอดบทเรียนของครูผู้สอนไปยังนักเรียน (ไพเราะ ทิพย์ทัศน์, 2533: 148) ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้อย่างยิ่งที่จะต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาามโนทัศน์ เพราะนอกจากจะเป็นพื้นฐานของความคิดต่าง ๆ แล้วความรู้และเทคโนโลยีในปัจจุบันยังมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว หลักสูตรการเรียนการสอนไม่สามารถบรรจุทุกเรื่องของวิทยาศาสตร์ไว้ได้หมด สอดคล้องกับที่ทีศนา แคมมณี (2552: 8-17) เสนอรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาทางด้านพุทธิพิสัยเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเนื้อหาสาระต่าง ๆ ซึ่งเนื้อหาสาระนั้นอาจอยู่ในรูปของข้อมูล ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอด

วิชาเคมีเป็นศาสตร์สาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างองค์ประกอบและสมบัติของสสาร การเปลี่ยนแปลง กลไกการเกิดปฏิกิริยาของสาร ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับวิชาเคมีเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามจุดประสงค์ต่าง ๆ มากมาย ความรู้เกี่ยวกับวิชาเคมีจึงกว้างขวางมากยิ่งขึ้น ยิ่งการพัฒนามโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสาระเคมีเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักเรียนที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีที่จะต้องพัฒนาความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา โดยมีมโนทัศน์ของนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี ส่วนใหญ่เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แบบจำลองอะตอม การเกิดพันธะเคมี การถ่ายโอนอิเล็กตรอน และการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในการจัดการเรียนรู้สำหรับครูจึงเป็นเรื่องยากที่จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจหรือมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ทั้งนี้งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่นักเรียน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่พบมากที่สุด คือ พันธะเคมี โดยชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (สมเจตน์ อุระศิลป์, 2554: 40-41) และโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก (Dogan & Demirci, 2011: 67-84)

จากการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 1 หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จะมีการทดสอบย่อยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน พบว่า ในหน่วยที่ 3 พันธะเคมี โดยเฉพาะ เรื่อง การเกิดพันธะและรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งทดสอบจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 96 คน ผ่าน เกณฑ์ 19 คน คิดเป็นร้อยละ 19.79 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาพันธะเคมีมีลักษณะ เป็นแบบนามธรรม การที่จะสามารถสร้างความเข้าใจหรือแนวคิดที่ถูกต้องของนักเรียนได้จึงเป็นเรื่องยาก และนอกจากนี้ยังมีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมพื้นฐาน(O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ ใน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562 – 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดหนองบัวลำภู ไม่เป็นที่น่าพอใจเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 23.94 28.95 และ 29.64 ตามลำดับ ซึ่งแม้ว่าผลการทดสอบจะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี การศึกษาแต่ก็ยังไม่พบว่า ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มผลการทดสอบของ PISA 2000 ถึง PISA 2018 ที่พบว่า ผลการประเมินวิทยาศาสตร์ของไทยไม่เปลี่ยนแปลง (สสวท, 2564: 183)

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ การได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยให้นักเรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองขึ้นมาหรือปรับปรุงแบบจำลอง กระตุ้นให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองมาประกอบการอธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เจอในชีวิตประจำวัน ปรับปรุงแบบจำลองเมื่อแบบจำลองไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557: 90) เมื่อครูมอบหมายให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดจากความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับซึ่งสามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ประสบการณ์ตรง สถานการณ์จำลอง ปรากฏการณ์หรือการมีปฏิสัมพันธ์ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อน ช่วยกันตรวจสอบแบบจำลองจนได้แบบจำลองที่มีความสมบูรณ์ที่สุดที่สามารถนำไปอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ (Buckley & Boulter, 2000: 122) และเมื่อมีการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) ไปใช้แล้ว พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และยังสามารถให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าก่อนเรียน (จุฑามาศ กันทะวง, 2563: 112) เมื่อศึกษาความเข้าใจนิเทศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องสูงกว่านักเรียนที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง (ธนาศวรรย์ สมไพบูรณ์, 2562: 69) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Khan (2008: 63-78) ที่ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์จำลองที่อาศัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน พบว่า ช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ในมโนทัศน์ทางเคมีได้ดีและมีความเข้าใจมากขึ้น สอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะช่วยพัฒนาให้เกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้

จากสภาพปัญหาเรื่องธรรมชาติของวิชาเคมีและความจำเป็นที่เราจะต้องพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อเป็นการส่งเสริมมโนทัศน์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์โคเวเลนต์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์โคเวเลนต์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สมมุติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์โคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หลังเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์ จากมีความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์ที่ไม่สอดคล้องเปลี่ยนเป็นมีความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์โคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ ดังนี้

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเข้าใจโน้ตสัณัพนธ์โคเวเลนต์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งอยู่ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี รายวิชาเคมี 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยยึดเนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง ใช้ระยะเวลา 18 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเป็นเวลา 6 สัปดาห์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 63 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 33 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ตามขั้นตอนของ Gobert & Buckley (2002: 891-894) ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าถึงปรากฏการณ์ ขั้นที่ 2 ประเมินและทบทวนแนวคิด ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน ขั้นที่ 5 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองและขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง จำนวน 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 18 ชั่วโมง ซึ่งความเหมาะสมของแผนอยู่ระหว่าง 4.33 ถึง 5.00

2. แบบวัดความเข้าใจโน้ตศัณพันธ์พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบวินิจฉัย 2 ระดับ (two-tier multiple-choice diagnostic test) คือ ระดับที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และระดับที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลอธิบายประกอบคำตอบในระดับที่ 1 วัดมโนทัศน์ 6 หัวข้อ ได้แก่ การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์, การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์, พลังงานพันธะและความยาวพันธะ, รูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วโมเลกุล, แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์โครงสร้างผลึก ร้างตาข่าย ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.864 ค่าความยากง่ายรายข้อ (p) อยู่ระหว่าง 0.46 ถึง 0.71 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) อยู่ระหว่าง 0.46 ถึง 0.79

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ก่อนเรียน ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจโน้ตศัณพันธ์พันธะโคเวเลนต์แล้วนำแบบวัดที่นักเรียนได้ทำการทดสอบมาตรวจเพื่อเป็นคะแนนก่อนเรียน

2. ระหว่างเรียน ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง รวม 6 สัปดาห์ โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังตอบคำถามไม่ชัดเจน หรือไม่ตอบคำถามเพิ่มเติม

3. หลังเรียน ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจโน้ตศัณพันธ์พันธะโคเวเลนต์ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับก่อนเรียน จากนั้นทำการตรวจและให้คะแนนเป็นคะแนนหลังเรียน เมื่อได้คะแนนหลังเรียนแล้วจะนำคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโน้ตศัณพันธ์พันธะโคเวเลนต์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการทดสอบทีแบบไม่อิสระ (t-test for Dependent Sample)

2. วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความเข้าใจโน้ตศัณพันธ์พันธะโคเวเลนต์ โดยตรวจคำตอบของนักเรียนแล้วจัดแบ่งคำตอบเป็นกลุ่ม ๆ ตามลักษณะของคำตอบ จากนั้นให้คะแนนนักเรียน

ตามเกณฑ์ของ Costu, Ayas & Niaz (2012: 57) ซึ่งในแต่ละข้อมีการพิจารณาความถี่ของความเข้าใจ โนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ คือ มีความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ (sound understanding, SU) มีความเข้าใจบางส่วน (partial understanding, PU) มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (specific misconception, SM) ไม่มีความเข้าใจ (no understanding, NU) และไม่ตอบ (No Response, NR) โดยให้ระดับ NR NU และ SM อยู่ในกลุ่มโนทัศน์ที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และระดับ PU กับ SU อยู่ในกลุ่มโนทัศน์ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และทำการเปรียบเทียบความถี่ของจำนวนนักเรียนที่มีโนทัศน์ที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบ McNemar

3. วิเคราะห์แนวโน้มการปรับเปลี่ยนโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละข้อ โดยผู้วิจัยจะพิจารณาค่าความถี่ของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนทัศน์ในระดับต่าง ๆ แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการวิเคราะห์ การแจกแจงแบบตารางไขว้ (Crosstab) แปลผลการเปลี่ยนแปลงตามแนวคิดของ เวสต์บรูก และมาเร็ค (Westbrook & Marek, 1991: 649-660) ซึ่งมีการแปลผล ดังนี้ 1) การเปลี่ยนแปลงเชิงบวก (+) ถ้าเปลี่ยนจากระดับต่ำเป็นสูงขึ้น 2) การเปลี่ยนแปลงเชิงลบ (-) ถ้าเปลี่ยนจากระดับสูงเป็นต่ำลงและ 3) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (0)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการทดสอบทีแบบไม่อิสระ (t-test for Dependent Sample)

ผลการทดสอบ	คะแนนเต็ม	ผลการทดสอบความเข้าใจโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์				
		$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	t	Sig.
ก่อนเรียน	18	5.21	2.07	28.96	24.783**	.000
หลังเรียน	18	13.36	1.52	74.22		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 28.96 และคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.36 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 74.22 และเมื่อทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบทีแบบไม่อิสระ (t-test for Dependent Sample) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเข้าใจโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้ตศัณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีตัวอย่างการแสดงความตอบของนักเรียนแสดงดังตารางที่ 2 และผลการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้ตศัณพันธะโคเวเลนต์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจโน้ตศัณพันธะโคเวเลนต์

โน้ตศัณพันธะโคเวเลนต์	ตัวอย่างคำตอบก่อนเรียน	ตัวอย่างคำตอบหลังเรียน									
ข้อที่ 1 ประเด็นการเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์											
1. สถานการณ์ : การทำพันธะโคเวเลนต์ของไฮโดรเจน (H) กับโบรมีน (Br) และไฮโดรเจน (H) กับฟลูออรีน (F) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง  เขียนโครงสร้างของพันธะโคเวเลนต์ของไฮโดรเจนกับโบรมีน และไฮโดรเจนกับฟลูออรีน คำถาม : พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะที่เกิดจากการใช้ร่วมกันของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวหรือไม่ คำตอบ ก. พันธะโคเวเลนต์ 4 พันธะ ข. พันธะโคเวเลนต์ 1 พันธะและพันธะไฮโดรเจน 1 พันธะ ค. พันธะโคเวเลนต์ 1 พันธะและพันธะไฮโดรเจน 1 พันธะ ง. พันธะโคเวเลนต์ 1 พันธะและพันธะไฮโดรเจน 1 พันธะ	(12) ตอบ ง. เพราะ มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันครบทุกตัว (SM)	(12) ตอบ ง. เพราะ (H) กับ (C) มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เป็นพันธะเดี่ยว และ (C) กับ (N) มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เป็นพันธะสาม (SU)									
ข้อที่ 2 ประเด็นการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์											
2. สถานการณ์ : กำหนดให้ธาตุ X และ Y มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีตามตารางต่อไปนี้ <table border="1" data-bbox="205 763 439 821"> <thead> <tr> <th>ธาตุ</th><th>เลขอะตอม</th><th>ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O</td><td>8</td><td>3.5</td></tr> <tr> <td>S</td><td>16</td><td>1.8</td></tr> </tbody> </table> คำถาม : เมื่อผสมธาตุ X และ Y แล้วเกิดสารประกอบ (X) และ (Y) แล้วสารประกอบที่เกิดขึ้นจะมีสูตรเคมีเป็นอย่างไร คำตอบ ก. SO_2 โซไดอัมซัลไฟด์ ข. SO_2 โซไดอัมซัลไฟด์ ค. SO_2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ง. SO_2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จ. SO_2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ธาตุ	เลขอะตอม	ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี	O	8	3.5	S	16	1.8	(25) ตอบ ข. เพราะถ้า O ไม่มีเลขห้อยจะใช้คำว่า มอนอกไซด์ (NU)	(25) ตอบ ง. เพราะ สูตรเรียงตรงตามค่า EN และการอ่านชื่อมีการระบุจำนวนอะตอมไว้หน้าธาตุได้ถูกต้อง โดย 2 = ได (SU)
ธาตุ	เลขอะตอม	ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี									
O	8	3.5									
S	16	1.8									
ข้อที่ 3 ประเด็นความยาวพันธะและพลังงานพันธะ											
3. สถานการณ์ : กำหนดให้ สารประกอบ X และ Y มีสูตรโมเลกุล ดังนี้ สารประกอบ X คือ C_2H_6 และสารประกอบ Y คือ C_2H_4 คำถาม : ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสาร X กับ Y มีค่าเท่าใด คำตอบ ก. ความยาวพันธะ $X > Y$ พลังงานพันธะ $X > Y$ ข. ความยาวพันธะ $Y > X$ พลังงานพันธะ $Y > X$ ค. ความยาวพันธะ $Y > X$ พลังงานพันธะ $Y < X$ ง. ความยาวพันธะ $X > Y$ พลังงานพันธะ $X < Y$	(17) ตอบ ง. เพราะมีมวลโมเลกุลมาก (NU)	(17) ตอบ ค. เพราะ เนื่องจาก Y มีความยาวพันธะมากกว่าและความยาวที่มากกว่าจะมีพลังงานต่ำ (PU)									
ข้อที่ 4 ประเด็นรูปร่างโมเลกุลและสภาพขั้วโมเลกุล											
4. สถานการณ์ : โมเลกุลของ CO_2 และ SO_2 มีรูปร่างโมเลกุลดังนี้  คำถาม : ข้อใดถูกต้อง 3 ข้อเขียนบนกระดาษปรู๊ฟแล้วเขียนคำตอบลงในช่องว่าง คำตอบ ก. CO_2 เป็นขั้ว ข. SO_2 เป็นขั้ว ค. CO_2 เป็นขั้วและรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง ง. SO_2 เป็นขั้วและรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง	(14) ตอบ ก. เพราะมีแรงผลัก (SM)	(14) ตอบ ก. เพราะ มีอะตอมล้อมรอบ 2 อะตอม และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (PU)									
ข้อที่ 5 ประเด็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล											
5. สถานการณ์ : สาร M, N และ O มีสูตรโมเลกุลเป็น CH_4, CH_3OH และ CH_3COOH ตามลำดับ คำถาม : เมื่อผสมสาร M และ N แล้วเกิดสารประกอบ (X) และ (Y) แล้วสารประกอบที่เกิดขึ้นจะมีสูตรเคมีเป็นอย่างไร คำตอบ ก. $M > N > O$ ข. $O > N > M$ ค. $O > M > N$ ง. $N > O > M$	(8) ตอบ ง. เพราะมีมวลโมเลกุลเรียงจากน้อยไปมาก (SM)	(8) ตอบ ง. เพราะว่าพันธะไฮโดรเจน(N) มีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่า (O) แรงขั้วคู่และแรงขั้วคู่มิแรงยึดเหนี่ยวมากกว่า (M) แรงลอนดอน (SU)									

3	33	0	0	33
4	32	1	0	33
5	33	0	0	33
6	29	4	0	33
รวม	189	9	0	198
เฉลี่ย	31.5	1.50	0.00	33.00
ร้อยละ	95.45	4.55	0.00	100.00

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้ตทัศน์พันธะโคเวเลนต์ อยู่ 2 กลุ่ม คือ 1) การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ในเชิงบวก (+) กล่าวคือมีการเปลี่ยนความเข้าใจโน้ตทัศน์จากระดับต่ำเป็นระดับสูงเป็นจำนวนมาก เช่น นักเรียนที่มีความความเข้าใจโน้ตทัศน์ก่อนเรียนอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (SM) หลังได้รับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีการเปลี่ยนความเข้าใจโน้ตทัศน์อยู่ในระดับความเข้าใจโน้ตทัศน์ที่สมบูรณ์ (SU) 2) การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์อยู่ในระดับเดิม (O) กล่าวคือ ก่อนเรียนและหลังเรียนมีการจัดกลุ่มมโนทัศน์อยู่ในระดับเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

การอภิปรายผล

1. จากการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจโน้ตทัศน์พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจโน้ตทัศน์พันธะโคเวเลนต์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นว่าแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นนั้นเหมือนหรือแตกต่างจากสมาชิกในกลุ่มอย่างไร ทั้งนี้ผู้เรียนจะมีการอภิปรายร่วมกันถึงความแตกต่างนี้ แล้วกลับไปทบทวนแบบจำลองของตนเอง และนำกลับมาประเมินร่วมกันอีกครั้ง รวมไปถึงการสะท้อนสิ่งที่ยังไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแบบจำลองโดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะ จนทำให้ผู้เรียนได้กลับไปปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองของตนเองให้ถูกต้อง จนนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ และสามารถนำแนวคิดนั้นไปทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ต่อไปได้ ทำให้เข้าใจในหลักการวิธีคิดเพื่อเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Modeling Designs for Learning Science: Models project) สอดคล้องกับเรียนรู้แบบสืบสอบการสร้างแบบจำลอง (EIMA) ของ Schwarz and Gwekwerere ที่นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์เป้าหมายและสร้างคำถามที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ และการสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry) ของ White & Schawrz เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้าง การประเมิน และการสื่อสารความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษารั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของธนาศรัย สมไพบูรณ์ (2562 : 115) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน มีระดับความเข้าใจโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยาเคมี ถูกต้องสูงกว่านักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ที่คลาดเคลื่อนและมีโมโนทิศทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจุฑามาศ กันทะวง (2563 : 89) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) สูงกว่าก่อนเรียน นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) สูงกว่าก่อนเรียน

2. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจโมโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ จากความเข้าใจโมโนทัศน์ที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (กลุ่ม NR NU และ SM) เป็นความเข้าใจโมโนทัศน์ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (กลุ่ม PU และ SU) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากก่อนที่นักเรียนจะได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมมาไม่เหมือนกัน อาจจะเกี่ยวเนื่องกับการที่นักเรียนมีความเชื่อจากประสบการณ์เดิมมาก่อนแล้ว ซึ่งเราไม่สามารถบอกได้ว่าประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับมานั้นถูกต้องเพียงใด หรืออาจจะเป็นการสั่งสมความเข้าใจที่ยังผิด ๆ อยู่หรือแม้แต่ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู การใช้คำถามหรือหนังสือบางเล่มที่มีการเขียนโดยใช้คำกำกวมก็จะส่งผลทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในเรื่องนั้น ๆ ได้ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานั้นล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจโมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) ที่บอกว่าความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นจากการพยายามทำความเข้าใจกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัว และเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผ่านการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนตามแนวทาง Gobert & Buckley (2002: 891-894) ที่ได้ออกแบบไว้ให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ตามหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ โดยเริ่มตั้งแต่ การเตรียมความพร้อมทั้งทางด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญาที่นักเรียนจะได้รับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งมีประกอบด้วยขั้นการเข้าถึงปรากฏการณ์ ขั้นประเมินและทบทวนแนวคิดของผู้เรียน ขั้นสร้างแบบจำลอง ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ขั้นการนำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน และขั้นขยายแบบจำลอง โดยขั้นที่ทำงานนักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงความคิดที่ชัดเจนที่สุด คือ ขั้นสร้างแบบจำลองไปจนถึงการนำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน กล่าวคือ การที่นักเรียนได้ลงสร้างแบบจำลองด้วยตนเองโดยที่ไม่รู้ว่าแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นนั้นถูกหรือผิดเป็นการล้างเอาความรู้ความคิดที่อยู่ข้างในออกมาเพื่อให้เราทราบว่านักเรียนเข้าใจระดับไหน และเมื่อมีการนำไปแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในกลุ่มแล้ว ก็จะทำให้นักเรียนได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละคนอย่างชัดเจนจนมีการค้นหาคำตอบให้กับตัวนักเรียนเองได้ นอกจากจะอภิปรายภายในกลุ่มย่อยแล้วยังมีการอภิปรายร่วมกันทั้งห้องโดยมีครูเป็นผู้ตัดสินแบบจำลองของนักเรียนว่าถูกต้องหรือผิดอย่างไร ทำให้นักเรียนได้กลับไปย้อนดูและแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้ถูกต้อง จนนำไปสู่การปรับเปลี่ยนความเข้าใจโมโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์จากที่มีความเข้าใจโมโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ที่ผิดเป็นความเข้าใจโมโนทัศน์พันธะโคเวเลนต์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของรัชก ก้นชม (2563, 6-9) พบว่า นักเรียนมีโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสืบพันธุ์ของพืชดอกและการ

เจริญเติบโต หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีระดับความเข้าใจโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ระดับความเข้าใจเพียงบางส่วน และมีแนวความคิดที่ผิดพลาด (PU/SM) ขึ้นไปจำนวน 46 คน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 100 ของผู้เรียนกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของปริญญ ช่อวารินทร์ (2565: 89-90) พบว่า นักเรียนมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องดวงจันทร์และระบบสุริยะ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีระดับมีโนทัศน์แนวคิดถูกต้องร้อยละ 75

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้
 - 1.1 ในขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองและมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ครูควรคอยให้คำแนะนำกับนักเรียนทุกกลุ่มแบบใกล้ชิด
 - 1.2 หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จครูควรอธิบายและซักถามถึงความเข้าใจของนักเรียนและทดสอบการสร้างแบบจำลองซ้ำจนมั่นใจว่าเข้าใจจริง ๆ
 - 1.3 เนื้อหาเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มีลักษณะเป็นนามธรรม การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจโนทัศน์ได้เนื่องจากสามารถลวงความคิดของนักเรียนออกมาในรูปแบบจำลองทำให้เราทราบว่านักเรียนมีมีโนทัศน์อย่างไร ควรแก้ไขอย่างไรเพื่อให้นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่ถูกต้องดังนั้นครูผู้สอนจึงสามารถนำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้ในเนื้อหาอื่น ๆ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป
 - 2.1 ควรมีการศึกษาและเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสาระอื่น ๆ ที่มีเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อนและสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดได้เพื่อเป็นการพัฒนามโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป
 - 2.2 ควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไปใช้พัฒนาตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ของงานวิจัยที่หลากหลายและสามารถนำไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชนุสสทศกรมการเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จุฑามาศ กันทะวงศ์. (2563). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีววิทยาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทที่ไม่มีการตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา, และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 29(3), 89-90.

- ทิตนา แหมมณี. (2552). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนาศวรรย์ สมโพธิ. (2562). *การศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบแบบจำลองเป็นฐาน [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทที่ไม่มีการตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- นวลจิตต์ เขาวีรพงศ์. (2537). *ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สารศึกษการพิมพ์.
- บุษกร ปทุมไยยะ. (2544). *การศึกษาแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมเดลชีววิทยา : พืชหรือสัตว์ การจัดจำแนกพืชและการจัดจำแนกสัตว์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนอนุบาลนครพนมและสกลนคร [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทที่ไม่มีการตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปริญญ ช่อวารินทร์. (2565). *การพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดวงจันทร์และระบบสุริยะ และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทที่ไม่มีการตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพเราะ ทิพย์ทัศน์. (2533). *วิทยาศาสตร์ประทับใจ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- รัชก ก้นชม. (2563). *การพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นร่วมกับกลวิธีการเดินชม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Gallery Walk) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารการวัดผล การศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 26(1), 186-197.*
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- _____. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ.
- สมเจตน์ อรรถศิลป์. (2554). *การเปรียบเทียบโมเดลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมีตามโมเดล การเรียนรู้ T5 แบบกระต่าย. วารสารวิจัย มข, 1(1), 38-57*
- Buckley, B. C., & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J. K., Gilbert & C. J., Boulter., (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 120-135). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Costu, B., Ayas, A., & Niaz, M. (2012). Investigating the effectiveness of a POE-based teaching activity on students' understanding of condensation. *Instruction Science, 40*(3), 47-67.

- Dogan, D., & Demirci, O. (2011). High school chemistry students' and prospective chemistry teachers' misconceptions about ionic bonding. Inonu University. *Journal of the Faculty of Education*, 12(1), 67-84.
- Gobert. J. D., & Buckley. B. C. (2002). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Khan, S. (2008). Model-based teaching as a source of insight for the design of a viable science simulation. *Technology Instruction Cognition and Learning*, 7(6), 63-78.
- Tweed, A. (2009). *Designing effective science instruction: What works in science classrooms*. Arlington, VA: National Science Teachers Association.
- Westbrook, S. L., & Marek , E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 649-660.