

การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Learning Management of Grade 10 Student about Bond Energy and Bond Length using Condeptual Change Approach

พิสุตร บรรดาศักดิ์ไพศาล (Pisut Bandasakphisal)*
ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (Pattamaporn Pimthoong, Ph.D.)**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์ ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดอย่างไร และมีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงตีความ (Interpretive Research) กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนขนาดใหญ่ ในสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ข้อมูลที่ได้จะถูกรวบรวมและจัดกลุ่มโดยเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์ โดยในการวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอเฉพาะการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพลังงานพันธะและความยาวพันธะ

ผลจากการวิจัย พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พลังงานพันธะโควาเลนต์ ก่อนเรียนมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 94.74 และ 5.26 หลังเรียนมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 49.56 และ 50.44 โดยแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานพันธะและความยาวพันธะ ในประเด็นการเปรียบเทียบความยาวพันธะในสารชนิดเดียวกัน พบว่านักเรียนส่วนมากไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด โดยพบาก่อนเรียนมีนักเรียน 2 คน (4.88%) ที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และหลังจากการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด โดยการใช้แบบจำลอง พบว่ามีนักเรียนเพียง 5 คน (12.20%) ที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์ พบว่า ปัจจัยด้านความเชื่อในแรงจูงใจของนักเรียน และปัจจัยทางสังคมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนทั้งทางด้านส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงแนวคิดและยับยั้งการเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากแนวคิดทางเลือกเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์

Abstract

The purpose of this research was to study the students' conceptions about covalent bonding before, and after using, teaching, and learning conceptual change. Another purpose was to examine the influential factors on students' conceptual change. The participants in this interpretive study were grade 10 students from a large school which belongs to Khon Kaen University in academic year 2009. There were two research instruments: 1) a pre and

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด พลังงานพันธะโควาเลนต์

Keywords: Learning Management, Conceptual change, Covalent bond

* นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

post concept survey and 2) a semi-structured interview form. The data from the concept surveys and interviews were analyzed and categorized into groups and compared with scientific conceptions which includes analyzing of the influential factors on students' conceptual change. There are bond energy and bond length presented in this research.

The research results showed that the average percentage of students who changed the concept of covalent bonding before learning the alternative conception was 94.74 percent and the scientific conception at 5.26. And after students learned the concept, alternative conception went down to 49.56 and scientific conception went up to 50.44. Most students have changed from their alternative conception to scientific conceptions into 13 concepts. The issue on bond energy and the bond length in the issue of comparing with the bond length of the same compound, the researcher discovered that most students had not changed their conceptions. There were 2 students (4.88%) that had the scientific conceptions. And after teaching and learning for conceptual change, it increased up to 5 students (12.20%) that had scientific conceptions. The analyzing of related factors for conceptual change of covalent bonding led to the researcher finding out that the students' motivational belief and social factors had a strong influence on the students' conceptual change in both promoting and hindering from alternative conceptions to scientific conceptions.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 มาตรา 22 เน้นว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ขณะที่โรงเรียนที่ทำการวิจัยในครั้งนี้นักเรียนมีความแตกต่างกันทั้งในฐานะทางเศรษฐกิจ สภาพแวดล้อมของครอบครัว มีทั้งกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน และผู้ปกครองมีความคาดหวังต่อโรงเรียนที่จะทำให้บุตรหลานของตนเองสามารถที่จะสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาให้ได้ การจัด การเรียนการสอนของครูจึงเน้นเพื่อการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษามีผลทำให้นักเรียนกลุ่มอ่อน ทำคะแนนสอบได้ค่อนข้างต่ำ ขณะเดียวกันความสามารถในการทำความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนของนักเรียนบางคนอาจจะไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception) อย่างแท้จริง นักเรียนบางส่วนมีแนวคิดทางเลือก (Alternative Conception) โดยเฉพาะเรื่อง พันธะเคมี ซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียน ไม่สามารถมองเห็น เนื้อหามีมาก และต้องใช้การจำ สอดคล้องกับการศึกษาของ ทศนา จันทนาภิธาน (2540) พบว่า นักเรียนเกิดแนวคิดทางเลือก เรื่อง รูปร่างโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และพลังงาน นอกจากนี้ยังนักเรียนเกิดความ

สับสนระหว่างพันธะโคเวเลนต์กับพันธะไฮโดรเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Peterson และ Treagust (1989: อ้างถึงใน กาญจนา คังคะประดิษฐ์, 2547) ที่พบว่า นักเรียนไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล รวมถึงโครงสร้างโมเลกุล ที่พบว่า นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกมากกว่าร้อยละ 50 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า เรื่อง พันธะเคมี เป็นเรื่องที่เป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ จึงเป็นเรื่องยาก ที่จะทำความเข้าใจ การเกิดแนวคิดทางเลือกส่งผลต่อการศึกษาวิชาเคมีในเรื่องอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นครูจึงต้องหาวิธีส่งเสริมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางเลือก โดย Duit (1996: อ้างถึงใน ปฐมมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2550) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงแนวคิดไม่ใช่เกิดขึ้นเฉพาะในหัวของใครคนใดคนหนึ่ง โดยปราศจากความต้องการที่จะเปลี่ยนแปลง แต่เกี่ยวข้องกับความเชื่อที่ต้องการจะเปลี่ยนแปลง รวมถึงการได้รับอิทธิพลจากสังคมด้วย เป็นต้น ซึ่งเป็นมุมที่แตกต่างได้จากการเปลี่ยนแปลงแนวคิดตามทฤษฎีของโพลเนอร์และคณะ ที่เน้นเฉพาะด้านพุทธิพิสัย สอดคล้องกับ Vosniadou (2003) เสนอว่า ในทฤษฎีการเปลี่ยนแนวคิดที่เป็นที่สนใจในปัจจุบันมีตัวแปรที่สนใจ 4 ตัวแปร ดังนี้

1. การเปลี่ยนสิ่งที่เข้าใจหรือรู้ของคน เช่น ความเชื่อ

2. แรงจูงใจและจิตพิสัย เช่น แรงจูงใจเกี่ยวกับการมีงานทำ

3. การจัดสภาพการเรียนรู้

4. ขอบเขตของสิ่งแวดล้อมทางสังคมวัฒนธรรมที่นักเรียนอยู่อาศัยและเรียนรู้

Pintrich (1993 : อ้างถึงในปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2553) ได้กำหนดการศึกษาเกี่ยวกับ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ที่เรียกว่า Motivational belief ไว้ 5 ประเภทได้แก่

1. เป้าหมายการเรียนรู้ (Goal orientation)
2. ความเชื่อในการได้มาซึ่งความรู้ (Epistemological beliefs)
3. ความสนใจ/การให้คุณค่า (Interest / value)
4. การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self efficacy)
5. ความเชื่อเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมตนเอง (Control belief)

ด้วยสาเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน เรื่อง พันธะไควเลนต์ พร้อมศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิด โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแนวคิด (Conceptual Change Approach) เพื่อให้ให้นักเรียนที่มีความหลากหลายเหล่านี้สามารถที่จะเกิดการเรียนรู้เรื่อง พันธะไควเลนต์ได้อย่างเต็มตามศักยภาพของตนเอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจแนวคิด เรื่อง พันธะไควเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง พันธะไควเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นอย่างไร

2. มีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงตีความ (Interpretive Research) ซึ่งการวิจัยเชิงตีความจะให้ความสำคัญอย่างมากแก่การตีความ เพื่อเข้าใจความหมายของพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา (ชาย โพธิ์สิตา. 2549)

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่ ในสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งใน อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 1 ห้องเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดแนวคิดเรื่อง พันธะไควเลนต์
2. แบบสำรวจแนวคิดเรื่องพันธะไควเลนต์ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พร้อมอธิบายเหตุผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามลำดับขั้นดังนี้

1. นำหนังสือขอความร่วมมือจากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่นไปยังโรงเรียน ด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตั้งหัวข้อต่อไปนี้อย่างเป็นขั้นตอน
1) ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนเรื่อง พันธะไควเลนต์ กับกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบสำรวจแนวคิดเรื่องพันธะไควเลนต์ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พร้อมอธิบายเหตุผล
2) ผู้วิจัยทำการสอนกลุ่มเป้าหมาย ตามตารางเรียนของโรงเรียนจำนวน 3 คาบ/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ รวม 16 คาบ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้
3. ผู้วิจัยทำการวัดแนวคิดของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังทำการสอน โดยใช้แบบสำรวจแนวคิดเรื่องพันธะไควเลนต์ชุดเดิมที่ผู้วิจัยใช้สำรวจแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
4. ผู้วิจัยทำการตรวจแบบสำรวจแนวคิด ถ้ามีคำถามบางข้อที่นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลไม่ชัดเจน ผู้วิจัยก็จะทำการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับคำตอบนั้นๆ เพื่อให้ได้

ข้อมูลที่ครอบคลุมชัดเจนขึ้น โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 3 คน เป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน เป็นรายบุคคล มีการบันทึกเทปและถอดเทป เพื่อนำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนว่ามีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นแนวคิดที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. ผู้วิจัยการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียน ผู้วิจัยพิจารณาจากคะแนนแบบสำรวจแนวคิดก่อน และหลังเรียน โดยเลือกนักเรียนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นส่วนมากจำนวน 3 คน และนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงแนวคิดบางส่วนหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดจำนวน 4 คน แล้วสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล มีการบันทึกเทปและถอดเทป เพื่อนำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียน

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสำรวจแนวคิดก่อนและหลังเรียน เป็นร้อยละ แล้วทำการจัดกลุ่มแนวคิดโดยเปรียบเทียบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงถึงแนวคิดของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อสรุปผลการเปลี่ยนแปลงแนวคิด

2. นำข้อมูลจากการถอดเทปการสัมภาษณ์แบบคำต่อคำ มาวิเคราะห์และจัดกลุ่มแนวคิดของผู้เรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิด

3. การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียน ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการถอดเทปการสัมภาษณ์แบบคำต่อคำ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกับบทสรุปท้ายการวิเคราะห์แนวคิดแต่ละแนวคิด

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจแนวคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด ได้ข้อสรุปดังนี้

การเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด สามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ของนักเรียนทำให้เกิดมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้นในทุกแนวคิดที่ศึกษา โดยในการวิจัยครั้งนี้จะขอเสนอในแนวคิดเรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ผลการสำรวจแนวคิด ก่อนเรียนโดยใช้แบบสำรวจแนวคิดได้ข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แนวคิดก่อนเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ

ประเด็นและคำถามข้อที่	ตัวเลือก	จำนวน	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	คำอธิบาย
- เปรียบเทียบความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ 9. ความยาวพันธะระหว่าง N กับ N ในข้อใดสั้นที่สุด	ก. N_2	8	21.05	9(1.1)	มีธาตุชนิดเดียว มี 2 อะตอม
		7	18.42	9(1.2)	มวลโมเลกุลน้อยสุด
		7	18.42	9(1.3)	ไม่อธิบาย
	ข. N_2H_2	1	2.63	9(2.1)	มีการเชื่อมต่อระหว่าง N และ H แค่ 2 ตัว
	ค. N_2H_4	6	15.79	9(3.1)	มีธาตุอื่นมาก ทำให้สั้นลง
		1	2.63	9(3.2)	$\begin{array}{c} H & & C \\ & \diagdown & / \\ & N & \\ & / & \diagdown \\ H & & C \end{array}$ มีแรงดึงดูดไว้มากสุด
		3	7.90	9(3.3)	ไม่อธิบาย
	ง. $N_2H_2Cl_2$	0	0	9(4.1)	
	ไม่ตอบ	5	13.16	9(5.1)	

ตารางที่ 1 แนวคิดก่อนเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ (ต่อ)

ประเด็น และคำถามข้อที่	ตัวเลือก	จำนวน	ร้อยละ	กลุ่ม คำตอบ	คำอธิบาย
- เปรียบเทียบ พลังงานพันธะชนิด ต่าง ๆ 10. สารประกอบข้อ ใดต่อไปนี้มีพลังงาน พันธะระหว่าง C กับ C มากที่สุด	ก. C_2H_6	0	0	10(1.1)	
	ข. C_2H_4	1	2.63	10(2.1)	ไม่อธิบาย
	ค. C_2H_2	11	28.95	10(3.1)	รวมกันมีมวลน้อยสุด
		3*	7.90	10(3.2)	พันธะสามมีพลังงานสูงสุด
		2	5.26	10(3.3)	มี H น้อย พลังงานไม่ต้องแบ่งมาก ทำให้ C กับ C ยึดกันแน่นมาก
	ง. C_3H_8	17	44.74	10(4.1)	จำนวนอะตอมมากที่สุด
		1	2.63	10(4.2)	ไม่อธิบาย
	ไม่ตอบ	3	7.90	10(5.1)	
- หาพลังงานพันธะ เฉลี่ย 11. พลังงานพันธะ เฉลี่ยระหว่าง SF ใน SF_6 หาได้จาก $\frac{1}{6}$ ของพลังงานของ ปฏิกิริยาต่อไปนี้	ก. $SF_6(g) \rightarrow S(s) + 3F_2(g)$	3	7.90	11(1.1)	หารด้วย $\frac{1}{6}$ ลงตัว ได้ค่า SF_6
		1	2.63	11(1.2)	S เป็นของแข็ง เพราะมี 1 อะตอม และ F เป็นแก๊ส มี 2 โมเลกุล
	ข. $SF_6(g) \rightarrow S(s) + 6F(g)$	3	7.90	11(2.1)	$\frac{1}{6}$ หาร 6 หน้า F ได้ และ S เป็น Solid
		1	2.63	11(2.2)	ไม่อธิบาย
	ค. $SF_6(g) \rightarrow S(g) + 6F(g)$	2	5.26	11(3.1)	หารด้วย $\frac{1}{6}$ ลงตัว
		2	5.26	11(3.2)	เป็นแก๊สทั้งหมด
		4	10.53	11(3.3)	ไม่อธิบาย
	ง. $SF_6(g) \rightarrow S(g) + 3F_2(g)$	11	28.95	11(4.1)	เป็นแก๊สทั้งหมด
		5	13.16	11(4.2)	ไม่อธิบาย
	ไม่ตอบ	6	15.79	11(5.1)	

ตารางที่ 1 แนวคิดก่อนเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ (ต่อ)

ประเด็น และคำถามข้อที่	ตัวเลือก	จำนวน	ร้อยละ	กลุ่ม คำตอบ	คำอธิบาย
- เปรียบเทียบความยาวพันธะในสารชนิดเดียวกัน 12. ข้อใดเป็นโมเลกุลที่มีความยาวพันธะเท่ากันทุกพันธะในโมเลกุลหนึ่ง ๆ	ก. H_2O , CCl_4 , SO_2	2*	5.26	12(1.1)	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$ $\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{C} \end{array}$ $\text{O}=\text{S}=\text{O}$ มีแขนเท่ากัน
		3	7.90	12(1.2)	ไม่อธิบาย
	ข. O_3 , C_2H_2 , N_2O	3	7.90	12(2.1)	จำนวนโมเลกุลสารแต่ละสารเท่ากัน
		2	5.26	12(2.2)	ไม่อธิบาย
	ค. CH_4 , NOCl , SO_2	2	5.26	12(3.1)	จำนวนอะตอมที่สร้างพันธะไม่มาก
		5	13.16	12(3.2)	ไม่อธิบาย
	ง. NH_3 , PH_3 , C_2H_6	4	10.53	12(4.1)	มีพันธะเดี่ยว
		2	5.26	12(4.2)	มีไฮโดรเจนในทุกโมเลกุล
		3	7.90	12(4.3)	ไม่อธิบาย
	ไม่ตอบ	12	31.58	12(5.1)	

หมายเหตุ - กลุ่มคำตอบ 11(1.1) หมายถึง ข้อที่ 11 ตัวเลือกที่ ก. กลุ่มคำตอบที่ 1

- * หมายถึง คำอธิบายที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 1 แสดงแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กล่าวว่า พลังงานพันธะ คือ พลังงานที่ใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมคู่หนึ่งในโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊ส ให้กลายเป็นอะตอมเดี่ยว ความยาวพันธะ คือ ระยะห่างระหว่างอะตอมคู่ที่สร้างพันธะกัน พลังงานพันธะของพันธะสามมากกว่าพันธะคู่มากกว่าพันธะเดี่ยว ส่วนความยาวพันธะของพันธะเดี่ยวมากกว่าพันธะคู่มากกว่าพันธะสาม ผลการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนโดยใช้แบบสำรวจแนวคิดในประเด็นเปรียบเทียบความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ ดังคำถามข้อที่ 9 พบว่า นักเรียนส่วนมากจำนวน 8 คน (21.05%) เลือกคำตอบข้อ ก. N_2 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายว่า มีธาตุชนิดเดียว มี 2 อะตอม ส่วนนักเรียนจำนวน 7 คน (18.42%) เลือกคำตอบข้อ ก. N_2 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่อธิบายว่า มวลโมเลกุลน้อย ขณะที่นักเรียนอีกจำนวน 7 คน (18.42%) ก็เลือกคำตอบข้อ ก. N_2 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่อธิบาย เช่นเดียวกับในประเด็นเปรียบเทียบพลังงานพันธะชนิดต่าง ๆ

ดังคำถามข้อที่ 10 พบว่า นักเรียนส่วนมากจำนวน 17 คน (44.74%) เลือกคำตอบข้อ ง. C_3H_8 ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายว่า มีจำนวนอะตอมมาก ส่วนนักเรียนจำนวน 11 คน (28.95%) เลือกคำตอบข้อ ค. C_2H_2 ซึ่งเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่อธิบายว่า รวมกันมีมวลน้อยสุด ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับประเด็นอธิบายวิธีการหาพลังงานงานพันธะเฉลี่ย ดังคำถามข้อที่ 11 พบว่า นักเรียนส่วนมากจำนวน 11 คน (28.95%) เลือกคำตอบข้อ ง. $\text{SF}_6(\text{g}) \rightarrow \text{S}(\text{g}) + 3\text{F}_2(\text{g})$ ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายว่า เป็นแก๊สทั้งหมด ส่วนนักเรียนจำนวน 6 คน (15.79%) ไม่ตอบคำถาม สอดคล้องกับประเด็นเปรียบเทียบความยาวพันธะในสารชนิดเดียวกัน ในคำถามข้อที่ 12 พบว่า นักเรียนมากสุดจำนวน 12 คน (31.58%) ไม่ตอบคำถาม ส่วนนักเรียนจำนวน 5 คน (13.16%) เลือกคำตอบข้อ ค. CH_4 , NOCl , SO_2 ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และไม่อธิบาย จากประเด็นที่ศึกษาแสดงว่า

แนวคิดของนักเรียนส่วนมากไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากการสอบถามนักเรียนพบว่าสาเหตุที่นักเรียนมีแนวคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนไม่เคยเรียนในประเด็น เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ และการเปรียบเทียบความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ

จากการสำรวจแนวคิดก่อนเรียน ทำให้พบว่านักเรียนมีปัญหาในการอธิบายเกี่ยวกับใน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ จากปัญหาที่พบก่อนเรียนดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางการที่จะพัฒนาให้นักเรียนเกิดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยนำวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ซึ่งนักเรียนได้ทำปฏิบัติการโดยใช้ลูกกอล์ฟซ่อมแบบตะกร้อ แทน อะตอม และสปริง 1 อัน แทนพันธะโควาเลนต์ที่เกิดจากอะตอมมีการใช้วาเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ โดยนำสปริง 1 อัน เกี่ยวลูกกอล์ฟซ่อมแบบตะกร้อ 2 ลูกไว้ด้วยกัน แล้วออกแรงดึงลูกกอล์ฟซ่อมแบบตะกร้อให้ห่างออกจากกัน วัดระยะห่างและแรงที่ใช้ดึง บันทึกผล จากนั้นเพิ่มสปริงเป็น 2 และ 3 อัน ตามลำดับเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดของพันธะกับความยาวและพลังงานพันธะ เป็นการช่วยให้สิ่งที่เรียนนามธรรมกลายเป็นรูปธรรม แล้วร่วมกันอภิปรายสรุปผลการศึกษาที่ได้ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นต่อไปนี้

- เปรียบเทียบพลังงานพันธะและความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ

- หาพลังงานพันธะเฉลี่ย

- เปรียบเทียบความยาวพันธะในสารชนิดเดียวกันระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการมาใช้จัดกิจกรรม ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามระหว่างเรียนของนักเรียนในชั้นเรียนเป็นดังนี้

ครู : ความยาวพันธะระหว่างพันธะเดียวกับพันธะคู่มันเท่ากันมั๊ย?

แชมป์ : ไม่เท่าครับ

ครู : อันไหนมากกว่า?

แชมป์ : พันธะเดี่ยวมากกว่าพันธะคู่

ครู : พันธะคู่กับพันธะเดี่ยวพลังงานพันธะนั้นเท่ากันไหม?

บี : ไม่เท่ากัน

ครู : พลังงานพันธะระหว่างพันธะคู่กับพันธะเดี่ยวอันไหนมีค่ามากกว่า?

ซี : พันธะคู่

ครู : สรุปความสัมพันธ์เกี่ยวกับความยาวพันธะระหว่างพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามได้อย่างไร? โน้ต

โน้ต : พันธะคู่ก็น้อยกว่าพันธะเดี่ยว มากกว่าพันธะสาม

ครู : ความสัมพันธ์ของพลังงานพันธะระหว่างพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามเป็นอย่างไร? ไหวต

ไหวต : สรุปพลังงานพันธะก็คือมากที่สุดเป็นพันธะสาม รองลงมาคือพันธะคู่ สุดท้ายคือพันธะเดี่ยวค่ะ

ครู : พลังงานพันธะหมายถึงอะไร? เอมี

เอมี : เป็นพลังงานที่มีปริมาณน้อยที่สุดที่จะสลายพันธะระหว่างอะตอมในโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สให้กลายเป็นอะตอมเดี่ยวในสถานะแก๊ส

ครู : เพราะฉะนั้นจะหาพลังงานพันธะเฉลี่ยได้อย่างไร?

เอ : ก็เอาพลังงานที่ใช้แต่ละขั้นมารวมกันแล้วก็หารด้วยจำนวนพันธะที่สลาย

ครู : ความยาวพันธะระหว่างอะตอม O กับ H ในน้ำ 2 พันธะนั้นจะเท่ากันหรือไม่?

บี : เท่ากัน

จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายตอบคำถามในระหว่างเรียนและสรุปได้ว่า พลังงานพันธะ เป็นพลังงานที่มีปริมาณน้อยที่สุดใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมในโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สให้กลายเป็นอะตอมเดี่ยวในสถานะแก๊ส และพลังงานพันธะของพันธะสามมากกว่าพันธะคู่มากกว่าพันธะเดี่ยว ส่วนพลังงานพันธะเฉลี่ย หาได้จากการนำพลังงานที่ใช้สลายพันธะแต่ละขั้นมารวมกัน แล้วก็หารด้วยจำนวนพันธะที่สลาย ส่วนความยาวพันธะของพันธะเดี่ยวมากกว่าพันธะคู่มากกว่าพันธะสาม

สอดคล้องกับการสัมภาษณ์ผ่น หลังจากผู้วิจัยได้นำวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งผ่นได้ทำปฏิบัติการ ทำให้ผ่นสามารถนำเสนอความเข้าใจใน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ได้ดังนี้

ครู : จากสมการ $I-H(g) + 151 \text{ kJ} \rightarrow 2I(g)$ ที่เห็นตรงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นเรื่องของ

ผ่น : ของการสลาย

ครู : 151 kJ เรียกว่าอะไร

ผน : พลังงานระหว่างพันธะ

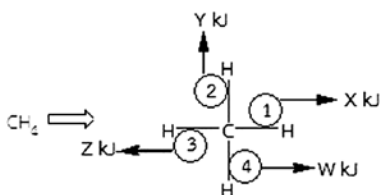
ครู : พลังงานพันธะคืออะไร

ผน : พลังงานที่ใช้สลายพันธะในโมเลกุลสถานะแก๊สให้เป็นอะตอมสถานะแก๊ส

ครู : พลังงานพันธะ ระหว่างพันธะคู่หนึ่ง ๆ เท่ากันหรือไม่

ผน : ไม่เท่ากัน

ครู : พลังงานพันธะของพันธะที่ 1 , 2 , 3 และ 4 จะเท่ากันหรือไม่



ผน : ไม่เท่ากัน

ครู : ถ้าอันหนึ่งมีค่าพลังงานเป็น X กิโลจูล 2 นี้มีค่าพลังงานเป็น Y กิโลจูล 3 นี้เป็น Z กิโลจูล และ 4 นี้เป็น W กิโลจูล ถามว่าเราจะหาพลังงานพันธะเฉลี่ยของ C กับ H ตรงนี้ เราจะได้ยังไง

ผน : ก็บวกกันหารสี่

จากการสนทนาแสดงว่าวิธีสอนโดยใช้แบบจำลอง

และการทำปฏิบัติการ ทำให้ผนสามารถอธิบายได้ว่า การสลายพันธะเป็นการเปลี่ยนแปลงจากโมเลกุลในสถานะแก๊สกลายเป็นอะตอมในสถานะแก๊ส พลังงานพันธะ คือ พลังงานที่ใช้สลายพันธะในโมเลกุลสถานะแก๊สให้เป็นอะตอมสถานะแก๊ส พลังงานพันธะระหว่างอะตอมชนิดเดียวกันคนละพันธะกัน จะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น พลังงานพันธะเฉลี่ยระหว่างอะตอมคู่หนึ่ง ๆ หาได้จากผลรวมของพลังงานพันธะระหว่างอะตอมคู่ทุกพันธะหารด้วยจำนวนพันธะ

สอดคล้องกับผลการสำรวจแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนหลังจากนำวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ซึ่งปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แนวคิดหลังเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ

ประเด็น และ คำถามข้อที่	ตัวเลือก	จำนวน	ร้อยละ	กลุ่ม คำตอบ	คำอธิบาย
- เปรียบเทียบความยาวพันธะชนิดต่าง 9. ความยาวพันธะระหว่าง N กับ N ในข้อใดสั้นที่สุด	ก. N ₂	17*	44.74	9(1.1)	มีพันธะสาม มีความยาวพันธะสั้นที่สุดความยาวพันธะ - > = > =
		6	15.79	9(1.2)	เป็นธาตุเดียวกัน
		1	2.63	9(1.3)	พลังงานพันธะ น้อยที่สุด ต้องสั้นที่สุด
		5	13.16	9(1.4)	เป็นพันธะเดี่ยว
		1	2.63	9(1.5)	ไม่อธิบาย
	ข. N ₂ H ₂	0	0	9(2.1)	
	ค. N ₂ H ₄	2	5.26	9(3.1)	มีพันธะมาก ความยาวพันธะจะน้อยลง
		2	5.26	9(3.2)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{N}=\text{N}-\text{H} \end{array}$ ความยาวพันธะ - > = > =
	ง. N ₂ H ₂ Cl ₂	2	5.26	9(4.1)	มีธาตุมารวมกับ N มาก แรงดึงดูดของนิวเคลียสกับวาเลนซ์อิเล็กตรอนจะน้อยลง ความยาวพันธะ N กับ N จะมาก
		1	2.63	9(4.2)	Cl มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงกว่า H, Cl ดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะได้มาก ทำให้พลังงานน้อย ความยาวพันธะจึงสั้น
	ไม่ตอบ	1	2.63	9(5.1)	

ประเด็น และ คำถามข้อที่	ตัวเลือก	จำนวน	ร้อยละ	กลุ่ม คำตอบ	คำอธิบาย
- เปรียบเทียบ พลังงานพันธะ ชนิดต่าง 10. สารประกอบ ข้อใดต่อไปนี้ พลังงานพันธะ ระหว่าง C กับ C มากที่สุด	ก. C2H6	1	2.63	10(1.1)	มีพันธะเดี่ยว พลังงานพันธะของ C2H6 จึงมาก
		1	2.63	10(1.2)	ไม่อธิบาย
	ข. C2H4	0	0	10(2.1)	
	ค. C2H2	24*	63.16	10(3.1)	พลังงานพันธะ พันธะสาม>พันธะคู่>พันธะเดี่ยว
		1	2.63	10(3.2)	ไม่มีโมเลกุลของ H2 เข้ามาแทรกทำให้ C2 มีพลังงาน พันธะมาก
		2	5.26	10(4.1)	มีจำนวน C มากที่สุด
		6	15.79	10(4.2)	จำนวนพันธะมาก พลังงานยิ่งมาก
	ง. C3H8	1	2.63	10(4.3)	พลังงานพันธะ $\equiv > = > -$
		1	2.63	10(4.4)	ไม่อธิบาย
	ไม่ตอบ	1	2.63	10(5.1)	
- หาพลังงานงาน พันธะเฉลี่ย 11. พลังงานพันธะ เฉลี่ยระหว่างSF ใน SF6 หาได้จาก $\frac{1}{6}$ ของพลังงานของ ปฏิกิริยาต่อไปนี้	ก. SF6(g)----> S(s)+3F2(g)	1	2.63	11(1.1)	การสลายพันธะ จะดูดพลังงาน
		3	7.90	11(1.2)	ไม่อธิบาย
	ข. SF6(g)----> S(s)+6F(g)	1	2.63	11(2.1)	การเปลี่ยนสถานะ ดูดพลังงาน
		2	5.26	11(2.2)	$\frac{1}{6}$ พลังงานของปฏิกิริยา
		3	7.90	11(2.3)	ไม่อธิบาย
	ค. SF6(g)----> S(g)+6F(g)	7*	18.42	11(3.1)	คำนวณจาก $\frac{1}{6}$ พลังงานของปฏิกิริยาการสลายพันธะ เป็น S กับ F
		1	2.63	11(3.2)	การสลายพันธะ ทำให้โมเลกุลแตกเป็นอะตอม
		6	15.79	11(3.3)	ไม่อธิบาย
	ง. SF6(g) ----> S(g)+3F2(g)	7	18.42	11(4.1)	คำนวณจาก $\frac{1}{6}$ พลังงานของปฏิกิริยา
		4	10.53	11(4.2)	ไม่อธิบาย
	ไม่ตอบ	3	7.90	11(5.1)	

ตารางที่ 2 แนวคิดหลังเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ (ต่อ)

ประเด็น และ คำถามข้อที่	ตัวเลือก	จำนวน	ร้อยละ	กลุ่ม คำตอบ	คำอธิบาย
- เปรียบเทียบ ความยาวพันธะใน สารชนิดเดียวกัน 12. ข้อใดเป็น โมเลกุลที่มีความ ยาวพันธะเท่า กันทุกพันธะใน โมเลกุลหนึ่ง ๆ	ก. H_2O , CCl_4 , SO_2	5*	13.16	12(1.1)	H-O ใน H_2O และ C-Cl ใน CCl_4 เป็นพันธะเดี่ยว ทั้งหมด ส่วน S-O ใน SO_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน $1\frac{1}{2}$ คู่ ความยาวพันธะในแต่ละโมเลกุลเท่ากัน
		1	2.63	12(1.2)	ไม่อธิบาย
	ข. O_3 , C_2H_2 , N_2O	1	2.63	12(2.1)	เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ความยาวพันธะในแต่ละโมเลกุล เท่ากัน
		2	5.26	12(2.2)	ไม่อธิบาย
	ค. CH_4 , NOCl , SO_2	1	2.63	12(3.1)	ในโมเลกุลมีพันธะเดียวกับพันธะคู่
		1	2.63	12(3.2)	ไม่อธิบาย
	ง. NH_3 , PH_3 , C_2H_6	20	52.63	12(4.1)	NH_3 , PH_3 , C_2H_6 เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด
		1	2.63	12(4.2)	สร้างพันธะกับ H เหมือนกันทุกโมเลกุล
		4	10.53	12(4.3)	ไม่อธิบาย
	ไม่ตอบ	2	5.26	12(5.1)	

หมายเหตุ - กลุ่มคำตอบ 12(1.1) หมายถึง ข้อที่ 12 ตัวเลือกที่ ก. กลุ่มคำตอบที่ 1

- * หมายถึง คำอธิบายที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 2 แสดงแนวคิดหลังเรียน เรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ ผลการสำรวจแนวคิด หลังเรียนโดยใช้แบบสำรวจแนวคิดในประเด็นเปรียบเทียบ ความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ ในคำถามข้อที่ 9 พบว่า นักเรียน ส่วนมากจำนวน 17 คน (44.74%) เลือกคำตอบข้อ ก. N_2 และอธิบายว่า มีพันธะสาม มีความยาวพันธะสั้นที่สุด ความยาวพันธะ - > = > = ซึ่งคำตอบและคำอธิบายนี้สอดคล้อง กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนนักเรียนจำนวน 6 คน (15.79%) เลือกคำตอบ ก. N_2 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่อธิบายว่า ธาตุเดียวกัน ซึ่งไม่ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับประเด็น เปรียบเทียบพลังงานพันธะชนิดต่าง ๆ ดังคำถามข้อที่ 10 พบ ว่า นักเรียนส่วนมากจำนวน 24 คน (63.16%) เลือกคำตอบข้อ ค. C_2H_2 และอธิบายว่า พลังงานพันธะ พันธะสาม > พันธะ คู่ > พันธะเดี่ยว คำตอบและคำอธิบายนี้สอดคล้องกับแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนนักเรียนจำนวน 6 คน (15.79%) เลือก คำตอบข้อ ง. C_3H_8 และอธิบายว่า จำนวนพันธะมาก

พลังงานยิ่งมาก ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และเช่นเดียวกับในประเด็นวิธีการคำนวณหาพลังงานงาน พันธะเฉลี่ย ดังคำถามข้อที่ 11 พบว่า นักเรียนมากสุดจำนวน 7 คน (18.42%) เลือกคำตอบข้อ ค. $\text{SF}_6(\text{g}) \rightarrow \text{S}(\text{g}) + 6\text{F}(\text{g})$ และ อธิบายว่า คำนวณจาก $\frac{1}{6}$ พลังงานของปฏิกิริยา การสลายพันธะเป็น S กับ F ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ ส่วนนักเรียนจำนวน 6 คน (17.14%) เลือก คำตอบข้อ ค. $\text{SF}_6(\text{g}) \rightarrow \text{S}(\text{g}) + 6\text{F}(\text{g})$ เป็นคำตอบที่ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่อธิบายเหตุผล ในขณะที่ประเด็นเปรียบเทียบความยาวพันธะในสารชนิด เดียวกัน ในคำถามข้อที่ 12 พบว่า นักเรียนส่วนมากจำนวน 20 คน (52.63%) เลือกคำตอบข้อ ง. NH_3 , PH_3 , C_2H_6 และอธิบายว่า NH_3 , PH_3 , C_2H_6 เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ซึ่งคำตอบและคำอธิบายนี้ไม่สอดคล้องตามแนวคิด ทาง วิทยาศาสตร์ ส่วนนักเรียนจำนวน 5 คน (14.29%) เลือกคำตอบ ข้อ ก. H_2O , CCl_4 , SO_2 และอธิบายว่า H-O ใน H_2O

และ C-Cl ใน CCl_4 เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ส่วน S-O ใน SO_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ความยาวพันธะในแต่ละโมเลกุลเท่ากัน คำตอบและคำอธิบายนี้สอดคล้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ถึงแม้ว่านักเรียนจะสามารถอธิบายเกี่ยวกับวิธีคำนวณหาพลังงานงานพันธะเฉลี่ย ได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น 5.26% เป็น 13.16% แต่นักเรียนส่วนมาก 20 คน (52.63%) ยังเกิดแนวคิดทางเลือก ผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์นักเรียนบางคนเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดแนวคิดทางเลือกที่อธิบายว่า NH_3 , PH_3 , C_2H_6 เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด เช่น นก อธิบายว่า เพราะคิดเฉพาะพันธะระหว่าง C กับ H ที่มาสร้างพันธะกัน แต่ไม่ได้ พิจารณาพันธะระหว่าง C กับ C ในสาร C_2H_6 ซึ่งเป็นพันธะคนละชนิดกับ C กับ H ความยาวพันธะ จะไม่เท่ากัน

จากผลการศึกษาแนวคิดหลังเรียน สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแนวคิด ที่นำวิธีสอน โดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ มาจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดมีแนวคิด ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นเปรียบเทียบความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ โดยนักเรียนสามารถเลือกคำตอบข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และอธิบายในประเด็นที่ให้เปรียบเทียบความยาวพันธะชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจาก 21.05% เป็น 44.47% สอดคล้องกับการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและแนวคิดหลังเรียนของนก พบว่า ก่อนเรียน นก เลือกคำตอบข้อ ง. ($\text{N}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$) ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และเมื่อนักเรียนรู้จากวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ พบว่าหลังเรียน นก เลือกคำตอบข้อ ก. (N_2) ซึ่งเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยพบว่าแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนของนกมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

“มีแรงดึงดูดไว้มากที่สุด” (ก่อนเรียน-นก)

“เพราะ $\text{N} \equiv \text{N}$ ความยาวพันธะ พันธะเดี่ยว > พันธะคู่ > พันธะสาม” (หลังเรียน-นก)

เช่นเดียวกันในประเด็นเปรียบเทียบพลังงานพันธะชนิดต่าง ๆ นักเรียนเลือกคำตอบข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 7.09% เป็น 63.16% สอดคล้องกับการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและแนวคิดหลังเรียนของนก พบว่า ก่อนเรียน นก เลือกคำตอบข้อ ค. (C_2H_2) เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิด

ทางวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ พบว่า หลังเรียน นก เลือกคำตอบข้อ ค. (C_2H_2) เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยพบว่าแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนของนกมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

“เพราะ $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$ ” (ก่อนเรียน-นก)

“เพราะ $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$ พลังงานพันธะ พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะเดี่ยว” (หลังเรียน-นก)

สอดคล้องกับในประเด็นอธิบายวิธีการคำนวณหาพลังงานงานพันธะเฉลี่ย วิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนเลือกคำตอบข้อที่สอดคล้องกับแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 5.26% เป็น 18.42% สอดคล้องกับการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและแนวคิดหลังเรียนของนก พบว่า ก่อนเรียน นก เลือกคำตอบ ข้อ ง. ($\text{SF}_6(\text{g}) \rightarrow \text{S}(\text{g}) + 3\text{F}_2(\text{g})$) เป็นคำตอบ ที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ พบว่าหลังเรียน นก เลือกคำตอบข้อ ค. “ $\text{SF}_6(\text{g}) \rightarrow \text{S}(\text{g}) + 6\text{F}(\text{g})$ ” เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยแนวคิดก่อนและหลังเรียนของนกมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

“เพราะ ทำในสภาวะแก๊สหมด” (ก่อนเรียน-นก)

“เพราะ พลังงานพันธะเฉลี่ย หาได้จากกราฟสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในโมเลกุล แล้วหารด้วยจำนวนพันธะ” (หลังเรียน-นก)

ในขณะที่ประเด็นให้เปรียบเทียบความยาวพันธะในสารชนิดเดียวกัน นักเรียนสามารถเลือกคำตอบข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น 5.26% เป็น 13.16% ในขณะที่นักเรียนจำนวนมากเกิดแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยเลือกคำตอบข้อที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นจาก 11.43% เป็น 52.63% เช่นเดียวกับการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและแนวคิดหลังเรียนของนก พบว่า ก่อนเรียน นก เลือกคำตอบข้อ ข. (O_3 , C_2H_2 , N_2O) ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ นก เลือกคำตอบข้อ ง. (NH_3 , PH_3 , C_2H_6) ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

“เพราะ $\text{O}=\text{O}=\text{O}$, $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$, $\text{N} \equiv \text{O} \equiv \text{N}$ ” (ก่อนเรียน-นก)

“เพราะ โมเลกุลทั้งสาม ยึดกันด้วยพันธะเดี่ยว ซึ่งความยาวพันธะจะเท่ากัน” (หลังเรียน-นก)

จากการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนของนก โดยใช้แบบสำรวจแนวคิด ที่พบว่า นกเลือกคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นกเพิ่มเติม ซึ่งนกได้อธิบายว่า “ในการเลือกคำตอบข้อนี้ได้พิจารณาเฉพาะพันธะระหว่างอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลาง แต่ในสาร C_2H_6 ลืมพิจารณาพันธะระหว่าง C - C ซึ่งมีความยาวพันธะไม่เท่ากับ C - H”

จากการศึกษาเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนนำวิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการ มาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่อง พลังงานพันธะและความยาวพันธะ พบว่า นักเรียนส่วนมากเกิดมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจาก วิธีสอนโดยใช้แบบจำลองและการทำปฏิบัติการการที่ครูนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้มีการศึกษาจากสิ่งเป็นรูปธรรมมากขึ้น ได้มีการลงทำปฏิบัติการด้วยตนเอง มีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสาร มีการวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายสรุปผลร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักเรียนเกิดความรู้เพิ่มขึ้น ดังเช่น ประเด็นเปรียบเทียบพลังงานพันธะชนิดต่าง ๆ นักเรียนเลือกคำตอบข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และอธิบายได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 7.09% เป็น 63.16% ประเด็นอธิบายวิธีการคำนวณหาพลังงานงานพันธะเฉลี่ยพบว่า นักเรียนเลือกคำตอบข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ และอธิบายได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 5.26% เป็น 18.42%

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานการวิจัย

1. สำหรับการเรียนการสอน

1) ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียน เนื่องจากมีความจำเป็นในการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด

2) เปลี่ยนสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรม

3) ครูผู้สอนควรใช้ข้อสอบที่เป็นแบบอัตนัยวัดแนวคิดของนักเรียน เพื่อให้ทราบแนวคิดทางเลือกของนักเรียน

4) ครูผู้สอนควรศึกษาแนวคิดทางเลือกของนักเรียนก่อนสอนแต่ละเรื่อง

5) ครูผู้สอนควรนำกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายวิธีมาใช้ในการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจสนุกกับกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่จำเจ

2. สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1) ผู้วิจัยควรศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนในด้านอื่น ๆ

2) ผู้วิจัยควรศึกษาวิธีการสอนอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน

3) ผู้วิจัยควรศึกษาแนวคิดทางเลือกของนักเรียนในแนวคิดอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา คังคะประดิษฐ์. (2547). การสอนให้เกิดแนวคิด เรื่อง พันธะเคมี ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม สำหรับนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรัญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาย โพธิ์สิตา. (2549). ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์ พับลิชชิ่ง.

ทัศนาศ ฉันทนาภิธาน. (2540). การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการ

เรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลางกลุ่มที่ 7. ปรัญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2550). เอกสารประกอบการสอนวิชา 232 891 การจัดการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด.

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (เอกสารอัดสำเนา).

ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2553). การศึกษาผลของปัจจัยด้านจิตพิสัยและสิ่งแวดล้อมต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดในระดับประถมศึกษา. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Vosniadou, S. (2003). Exploring the relationships between Conceptual Change and International Learning. <http://www.cs.phs.uoa.gr/el/staff/vosniadou/IntentionalLearning.pdf>