

การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย
เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

Using Model Based Learning (MBL) with Predict-Observe-Explain (POE) to Correct Scientific
Misconception of Grade 10 Students' on Covalent Bonding

สิทธิศักดิ์ พสุมาตร์ (Sitthisak Pasumart)* ดร.ปรานอม ขาวเมฆ (Dr. Pranorm Khaomek)**

ทองใบ สุขประเสริฐชัย (Thongbai Sukprasertchai)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ตามรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แบบวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แบบฝึกหัด ใบกิจกรรม และแบบสะท้อนผลการปฏิบัติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มและใช้ค่าความถี่ร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 53.97 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต หลังการเรียนรู้พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนมีจำนวนลดลงร้อยละ 36.91 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบงานวิจัยนี้สามารถแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ได้

Abstract

This research aimed to correct scientific misconception on the topic of covalent bonding for 36 students in Matthayomsuksa 4. The instruments using in this research were the lesson plans based on Model Based Learning (MBL) with Predict-Observe-Explain (POE), chemical bonding concept test, chemical bonding concept analytical journal, worksheets, exercises and reflective journal. The data were classified and analyzed using the frequency and percentages. Before using the model, the results showed that 53.97% misconception in the formation of covalent bond, types of the bond and octet rule. It was found that the number of students who have the specific misconception decreased to 36.91%. This indicated the use of MBL with POE can improve the misconception on the selected topic.

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน การเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย แนวคิดคลาดเคลื่อน พันธะโคเวเลนต์

Keywords: Model Based Learning, Predict-Observe-Explain, Misconception, Covalent Bonding

*นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการศึกษาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ (เคมี) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

***ครู สาขาวิชาเคมี หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนคณะราษฎรบำรุงปฐมวัย จังหวัดปทุมธานี

บทนำ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนพบเจอได้ แต่ความยากคือ การที่นักเรียนจะสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นต้องเป็นการศึกษาเชิงประจักษ์ ซึ่งต้องเข้าใจในหลักการ แนวคิด และทฤษฎีต่างๆ อย่างถ่องแท้ และมักเป็นการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์เสียก่อน เพราะเมื่อนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์แล้ว จะทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดีขึ้นด้วย (อรวรรณ จันทร์ฟู, 2554) นอกจากนี้ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ของแต่ละบุคคล และการที่นักเรียนพยายามทำความเข้าใจข้อมูลเพื่อหาคำตอบนั้นอาจทำให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้ (Misconceptions) (พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน, 2557)

แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นสิ่งที่สามารถปรับให้เกิดความถูกต้องได้ยาก เมื่อเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนแล้วจะคงอยู่กับนักเรียนเป็นเวลานาน หากไม่ทำการแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนก็จะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดการยอมรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในระดับแนวคิดที่สูงขึ้นนั้นลดลง (Treagust and Duit, 2008) อ้างถึงใน พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน, 2557) การปรับแก้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ที่สำคัญ และเกิดจากการที่นักเรียนนั้นใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่นักเรียนได้พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งมีกระบวนการจัดการข้อมูลอธิบายข้อมูลที่ได้พบเจออย่างมีเหตุผล เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Martin et al., 2005) การที่นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดที่ถูกต้องได้จะช่วยให้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่อยู่รอบตัวในสิ่งแวดล้อมได้ และผลที่เกิดขึ้นนี้จะนำไปสู่การสร้างความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้น โดยอาจเกิดการพัฒนาเป็นหลักการ หรือทฤษฎี ได้ในที่สุด

นวัตกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ มีหลายวิธี หนึ่งในวิธีการต่างๆ นั้นคือการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการนำเสนอแบบจำลอง เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี และกฎ โดยแบบจำลองเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง แบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่างๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert, Boulter and Rutherford, 1988 อ้างใน ชาตรี, 2551) นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือแผนภาพ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิด ความเข้าใจ และพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องนั้นๆ ได้ (Chittkeborough and Treagust, 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ รวีวรรณ เมืองรามัญ (2556) ที่พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์บางส่วนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แต่นักเรียนยังมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนจำนวนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าหลังการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนทุกคนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ส่วนความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าการลงมือปฏิบัติแบบจำลองด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการกลุ่มด้วยการวิเคราะห์เหตุผล เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้วิธีการที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนคือ วิธีการจัดการ

เรียนการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain) ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์อีกวิธีหนึ่งที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่ และอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิม โดยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นวิธีการที่นำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลงหลังจากนักเรียนทำนายแล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวโดยใช้วิธีการสังเกตการทดลอง หรือการหาข้อพิสูจน์สถานการณ์ดังกล่าว ต่อด้วยการให้นักเรียนบอกสิ่งที่สังเกตได้และอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายรวมทั้งการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง และขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกตหรือผลการทดลอง (White and Gunstone, 1992) ซึ่งในปี 2551 นี้กำลังได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง งานและพลังงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธีทำนาย-สังเกต-อธิบาย พบว่านักเรียนร้อยละ 70 ได้พัฒนาแนวคิดทางเลือกไปสู่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากพันธะเคมีเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้แนวคิดอื่นๆ ในวิชาเคมี อีกทั้งผลการวิจัยต่างๆ และจากการศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้อชีววิทยาศาสตร์ รวมถึงบริบทของโรงเรียน คณะราษฎร์บำรุงพุมธานี พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนมากมีแนวคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ไม่ถูกต้อง อาจเนื่องมาจากเนื้อหาในบทเรียนนี้ส่วนมากเป็นลักษณะนามธรรมและเป็นเนื้อหาที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน นักเรียนต้องอาศัยการสร้างมโนภาพเอง ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเรียน ไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาภายในเวลาสั้นๆ ได้ หากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพันธะเคมีเป็นอย่างดี และมีแนวคิดถูกต้องก็จะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เรื่องอื่นๆ ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยในฐานะที่เป็นครูผู้สอนในรายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้อชีววิทยาศาสตร์ของ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องการที่จะพัฒนาให้นักเรียนให้มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง รวมถึงการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีให้สูงขึ้น ซึ่งนักเรียนในชั้นเรียนมีความแตกต่างกัน ทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ ความสนใจและความถนัด ส่งผลต่อวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความแตกต่างกัน และด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนทั้งสองวิธีข้างต้นมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน หากนำจุดเด่นของการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาความเข้าใจจากแบบจำลองของตัวนักเรียนเอง ซึ่งช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ทั้งหมด ร่วมกับการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถพิสูจน์ อธิบายและตัดสินใจปรากฏการณ์ต่างๆ ด้วยทักษะการสังเกตที่ช่วยปรับเปลี่ยนแนวคิดวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องได้ จะสามารถช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ต่อไป

วัตถุประสงค์

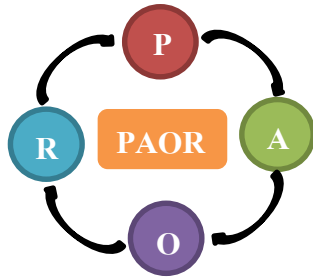
เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ด้วยการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย

วิธีการวิจัย

รูปแบบงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (1988) ที่ประกอบด้วยกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการวางแผน (Plan; P) 2) ขั้นการ

ปฏิบัติ (Act; A) 3) ขั้นการสังเกต (Observe; O) 4) ขั้นการสะท้อน (Reflect; R) โดยแต่ละขั้นตอนจะดำเนินการเป็นวงจรต่อเนื่องกัน



รูปที่ 1 แผนภาพวงจร PAOR

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนคณะราษฎรบำรุงปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน เป็นนักเรียนชาย 4 คน นักเรียนหญิง 32 คน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
 - แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อน-หลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ลักษณะเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือกและเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก (Two-tier Diagnostic Test) ทั้งหมด 20 ข้อ จำนวน 2 ฉบับ เป็นแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบคู่ขนานกัน

- แบบวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มีลักษณะเป็นเกณฑ์คะแนน 5 ระดับ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้
 - แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 7 แผน ใช้เวลา 13 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นการใช้คำถามปลายเปิดที่สามารถ

เชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับกับความคิดเดิม และมีการคาดการณ์ทดลองหรือการสร้างสถานการณ์

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง เป็นขั้นการนำเสนอแบบจำลอง ด้วยการวาดภาพ การใช้ลักษณะท่าทาง การใช้คำพูด และเน้นการใช้สิ่งของ

3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นการทดลองที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.1 ขั้นทำนาย คือ การทำนายผลจากสถานการณ์หรือปัญหาที่ครูกำหนด

3.2 ขั้นสังเกต คือ การสืบค้นหาคำตอบผ่านทักษะการสังเกตแบบจำลองเพื่อพิสูจน์คำตอบ

3.3 ขั้นอธิบาย คือ การอธิบายผลที่ได้จากการสังเกต หรือหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด

4. ขั้นประเมินผลแบบจำลอง เป็นขั้นที่เน้นการใช้คำถามเพื่อให้ร่วมกันอภิปราย ด้วยการใช้สื่อ ได้แก่ โปรแกรม Simulation วิดีทัศน์ หรือแบบจำลองต่างๆ เพื่อเชื่อมโยงเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับสัญลักษณ์และระดับจุลภาค และเน้นให้ทบทวนความรู้พื้นฐาน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองทางความคิด

5. ขั้นขยายแบบจำลอง เป็นขั้นการนำแบบจำลองที่ปรับปรุงมาใช้อธิบายโจทย์ใหม่ๆ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

- แบบฝึกหัดและใบกิจกรรม เป็นเครื่องมือที่แทรกอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผน

- แบบสะท้อนผลการปฏิบัติ ประกอบด้วย อนุทินสะท้อนพฤติกรรมการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน และ บันทึกผลการปฏิบัติงานของครู

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่

1 ปีการศึกษา 2558 ใช้ระยะเวลาวิจัยรวมทั้งหมด
จำนวน 15 ชั่วโมง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนทำ
แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้าง
ขึ้นล่วงหน้า 1 สัปดาห์ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

ขั้นที่ 2 ระหว่างการจัดการเรียนการสอน
โดยจัดการเรียนการสอนตามแผนที่สร้าง ซึ่งในหนึ่ง
แผนผู้วิจัยมีการบันทึกวิดีโอ เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการ
จัดการเรียนรู้ และเป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงาน
สอน ระหว่างจัดกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนทำ
กิจกรรมตามใบงานและทำแบบฝึกหัดทบทวน พร้อม
ให้นักเรียนเขียนบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้หลังเรียน
เสร็จ และทำเช่นเดิมต่อเนื่องเป็นวงจรรอบ 7 แผน
รวม 13 ชั่วโมง

ขั้นที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ครบ 7 แผน
นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่
ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากแบบวัดแนวคิดทาง
วิทยาศาสตร์

1. นำคำตอบที่ได้จากการทำแบบวัดแนวคิด
ของนักเรียน มาวิเคราะห์เป็นรายชื่อตามแบบวิเคราะห์
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์พร้อมให้คะแนนตามเกณฑ์
และจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนตามค่าเฉลี่ยคะแนนใน
แต่ละแนวคิดหลักเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยจำแนก
แนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดการ
จัดกลุ่มของ Haider (1997) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับ
Two-tier Diagnostic Test ได้ มี 5 กลุ่ม ดังนี้

1.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound
Understanding; SU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่
ถูกต้องและอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบถูกต้อง
เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะโคเวเลนต์
ทั้งหมด

1.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial
Understanding; PU) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบที่

ถูกต้องและอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบแต่ยังไม่
สมบูรณ์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะโคเว
เลนต์ หรือเลือกคำตอบถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถให้
เหตุผลในการเลือกคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด

1.3 แนวคิดถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อน
บางส่วน (Partial Understanding with Specific
Misconception; PUSM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบ
ที่ถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบไม่
สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธะโคเว
เลนต์ หรือเลือกคำตอบถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลใน
การเลือกคำตอบซึ่งมีบางส่วน สอดคล้องและยังมี
บางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

1.4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific
Misconception; SM) หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบไม่
ถูกต้อง อธิบายเหตุผลในการเลือกไม่ถูกต้อง และอธิบาย
เหตุผลไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง
พันธะโคเวเลนต์

1.5 ไม่มีแนวคิด (No Understanding; NU)
หมายถึง นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบว่าไม่ทราบ หรือ
อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง
ที่ถาม

2. ใช้ค่าสถิติพื้นฐานวิเคราะห์ข้อมูลเชิง
ปริมาณได้แก่ ค่าสถิติความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม
แนวคิดในแต่ละแนวคิดหลัก และข้อมูลเชิงคุณภาพใน
การลงข้อสรุป

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูล โดยแบ่ง
ผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ก่อนการจัดการเรียนรู้
โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรม
การเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ด้วยการ
วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากการทำแบบวัด
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ผลการวิเคราะห์

ข้อมูลโดยภาพรวมพบว่า นักเรียนร้อยละ 53.97 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ ร้อยละ 37.30 ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 6.75 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 0.40 มีแนวคิดที่ถูกต้อง ร้อยละ 0.40 มีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 1 ข้อมูลผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนรู้เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนถึงร้อยละ 53.97 และรองลงมาคือ นักเรียนไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ร้อยละ 37.30 นอกจากนี้ยังพบว่า แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนส่วนใหญ่คือ แนวคิดเรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต คิดเป็นร้อยละ 69.44 รองลงมาคือ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ และรูปร่างของโมเลกุล คิดเป็นร้อยละ 58.33 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนโดยส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจและมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ 2. การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากการทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยภาพรวมพบว่า หลังเรียนรู้ด้วยวิธีการนี้ นักเรียนร้อยละ 39.29 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 38.89 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 17.06 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ร้อยละ 3.97 มีแนวคิดที่ถูกต้อง และร้อยละ 0.79 ไม่มีแนวคิด

จากข้อมูลในตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 39.29 ยังมีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน และนักเรียนร้อยละ 38.89 มีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน นอกจากนี้ยังพบว่า แนวคิดที่นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องมากที่สุดคือ การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 61.11 รองลงมาคือ แนวคิดเกี่ยวกับรูปร่างของโมเลกุล คิด

เป็นร้อยละ 50.00 แสดงให้เห็นว่า หลังการเรียนรู้ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเองผ่านกระบวนการทำนาย สังเกต และสามารถอธิบายแนวคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ได้อย่างมีเหตุผลเพิ่มมากขึ้น ตามหลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์คำตอบในใบกิจกรรม และแบบฝึกหัดทบทวนท้ายบทเรียน ดังต่อไปนี้

การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

นักเรียนร้อยละ 61.11 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ ลักษณะการตอบคำถามของนักเรียนกลุ่มนี้ คือ โมเลกุล F_2 สร้างพันธะโคเวเลนต์โดยอาศัยการยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมที่ใช้ร่วมกัน ซึ่งมีจำนวน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว สำหรับ O_2 และ N_2 ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่ และ 3 คู่ เรียกว่า พันธะสาม ตามลำดับ เพื่อให้ธาตุแต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ตามกฎออกเตต ซึ่งแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมที่มีค่า EN เท่ากัน แต่ก็มีนักเรียนร้อยละ 22.22 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน

การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

นักเรียนร้อยละ 83.33 มีแนวคิดที่ถูกต้อง กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายและเขียนสูตรของสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง เช่น C กับ Cl เขียนได้เป็น CCl_4 และตอนที่ 2 นักเรียนอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้องตามหลักการอ่านชื่อของสารประกอบโคเวเลนต์ เช่น N_2O อ่านว่า ไนโตรเจนมอนออกไซด์ นอกจากนี้ยังเขียนสูตรจากชื่อของสารประกอบที่กำหนดให้ได้ เช่น เตตระฟอสฟอรัสเตตระออกไซด์ เขียนเป็น P_4O_{10}

ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

นักเรียนร้อยละ 75 มีแนวคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ นักเรียนสามารถตอบได้ว่า ความยาวพันธะมีลำดับดังนี้ พันธะเดี่ยว > พันธะคู่ > พันธะสาม และพลังงานงานพันธะมีลำดับดังนี้ พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะเดี่ยว แต่นักเรียนยังไม่สามารถคำนวณหาค่าตอบพลังงานพันธะจากสมการที่ครู

กำหนดให้ได้ และนักเรียนร้อยละ 16.67 ยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

นักเรียนร้อยละ 47.22 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน แนวคิดของนักเรียนกลุ่มนี้คือ SO_2 มีโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ และอธิบายเหตุผลว่า SO_2 สามารถเขียนสูตรได้ 2 แบบ โดย S กับ O ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ ซึ่งอิเล็กตรอนนี้สามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างสองอะตอมได้ และนักเรียนร้อยละ 41.67 มีแนวคิดที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ โดยคำตอบของนักเรียนคือ สารประกอบหรือไอออนที่มีโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ เนื่องจากเขียนสูตรได้มากกว่า 1 แบบ และระบุได้ว่าอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะมีกี่คู่ เช่น SO_2 นักเรียนอธิบายว่า เนื่องจาก SO_2 สามารถเขียนสูตรได้ 2 แบบ จึงมีโครงสร้างเป็นเรโซแนนซ์ และระหว่าง S 1 อะตอม กับ O 2 อะตอม ใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าพันธะที่เกิดขึ้นมีความยาวพันธะและพลังงานพันธะเท่ากัน

รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

นักเรียนสามารถระบุรูปร่างของโมเลกุลและสามารถอธิบายเหตุผลได้ ดังนี้ นักเรียนร้อยละ 80.56 มีแนวคิดที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น H_2O นักเรียนตอบว่ามีรูปร่างโมเลกุลเป็นมุมงอ และอธิบายเหตุผลว่า เนื่องจาก O ที่เป็นอะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่ 2 คู่ จึงเกิดแรงผลัก ส่งผลให้โมเลกุลมีรูปร่างเป็นมุมงอ แสดงให้เห็นถึงผลที่เกิดจากอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเพียงอย่างเดียว ซึ่งยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

นักเรียนร้อยละ 44.44 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน ลักษณะการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มนี้คือ CO_2 เป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว มีรูปร่างเป็นเส้นตรง ซึ่ง O มีค่า EN สูงกว่า C จึงดึงคู่อิเล็กตรอนได้ดีกว่า ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้าม ทำให้พันธะไม่มีขั้ว ส่งผลให้โมเลกุลไม่มีขั้วด้วย และนักเรียนร้อยละ 38.89 มีแนวคิดถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์คือ นักเรียนอธิบายได้ว่า HCN มีรูปร่างเป็นเส้นตรง N มีค่า EN มากกว่า C และ H ตามลำดับ ทำให้ทิศทางของแรงลัทธิเกิดขึ้น ส่งผลให้โมเลกุลมีขั้ว ซึ่ง

ยังมีเหตุผลอื่นๆ ที่ใช้ในการอธิบาย เช่น สภาพขั้วพันธะ และโครงสร้างลิวอิส

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

นักเรียนร้อยละ 47.22 ยังมีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งนักเรียนอธิบายว่า SiH_4 มีมวลมากกว่า NH_3 แต่มีจุดเดือดที่ต่ำกว่านั้น เป็นเพราะว่า SiH_4 เป็นโมเลกุลมีขั้ว จึงยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ส่วน NH_3 เป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว จึงยึดด้วยแรงลอนดอน และสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ 3 พันธะ จึงทำให้มีจุดเดือดที่สูงมากกว่า และนักเรียนร้อยละ 22.22 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยมีความเข้าใจว่า HF มีจุดเดือดสูงกว่า H_2O

ตารางที่ 1 ร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ในระดับต่างๆ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (N=36)

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม (%)				
	SU	PU	PUSM	SM	NU
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	0.00	0.00	8.33	69.44	22.22
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	0.00	2.78	2.78	44.44	50.00
3. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	0.00	0.00	5.56	58.33	36.11
4. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	2.78	0.00	11.11	52.78	33.33
5. รูปร่างของโมเลกุล	0.00	0.00	5.56	58.33	36.11
6. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	0.00	0.00	2.78	44.44	44.44
7. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	0.00	0.00	11.11	50.00	38.89
รวมเฉลี่ย	0.40	0.40	6.75	53.97	37.30

ตารางที่ 2 ร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ในระดับต่างๆ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (N=36)

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม (%)				
	SU	PU	PUSM	SM	NU
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	2.78	47.22	41.67	8.33	0.00
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	8.33	61.11	22.22	8.33	0.00
3. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	2.78	22.22	47.22	27.78	0.00
4. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	8.33	33.33	41.67	13.89	2.78
5. รูปร่างของโมเลกุล	5.56	50.00	38.89	5.56	0.00
6. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	0.00	36.11	38.89	22.22	2.78
7. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	0.00	22.22	44.44	33.33	0.00
รวมเฉลี่ย	3.97	38.89	39.29	17.06	0.79

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อแก้ไขแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ นั้น ผลการวิจัยข้างต้นพบว่า ก่อนการเรียนรู้ นักเรียนโดยส่วนใหญ่ยังมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ จากนั้นหลังการเรียนรู้พบว่า โดยเฉลี่ยนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์มากขึ้น และจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนนั้นมีจำนวนลดลงร้อยละ 36.91 โดยแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุด ได้แก่ การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ และแนวคิดเกี่ยวกับรูปร่างของโมเลกุล คิดเป็นร้อยละ 61.11 และ 50.00 ตามลำดับ ผลจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบายสามารถแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ไปสู่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่ถูกต้องได้

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย จะต้องเน้นให้นักเรียนออกแบบและสร้างแนวคิดด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการทำนาย สังเกต และการอธิบาย ปรากฏการณ์ต่างๆ ดังนั้นครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญที่จะต้องใช้คำถามหรือสื่อที่หลากหลาย เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวคิดเอง และสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์วิชาเคมีทั้ง 3 ระดับให้ได้

2. นักเรียนส่วนใหญ่เรียนรู้โดยวิธีการท่องจำ ดังนั้น ครูผู้สอนจะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้เดิมนี้นี้ โดยการอธิบาย เน้นย้ำ และฝึกให้นักเรียนสร้างแนวคิดให้ได้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย สามารถแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ได้ ดังนั้นจึงควรนำไปปรับใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหัวข้ออื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ขอขอบพระคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนสำหรับการทำวิจัย และผู้สนับสนุนทุกท่านในการทำวิจัยตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

ชาติรี ฝ่ายตากำ. แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงศา นครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 2551; 19: 10-28.
น้ำค้าง จันเสริม. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนเรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอน สตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict-Observe- Explain (POE) [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.
พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน. การแก้ไขโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการงานมหกรรมทางการศึกษาเพื่อพัฒนาวิชาชีพครู ครั้งที่ 7; 15-17 ตุลาคม 2557; อาคารอิมแพคฟอรั่ม (ฮอลล์ 9) อิมแพค เมืองทองธานี.

- รวีวรรณ เมืองรามัญ, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. การส่งเสริม
ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลก
ของเราของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
[สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชา
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์].
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.
- อรวรรณ จันทร์ฟู. การศึกษาแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วย
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิ
ซึม. [ปริญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
วิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา].
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
- Chittkeborough C. and David F. Treagust. The
modeling ability of non-major chemistry
student and their understanding of the sub-
microscopic level. Science and Mathematics
Education Centre, Curtin University of
Technology, Perth, Australia 2007: 949-968.
- Haidar, A.H. 1997. Prospective chemistry teacher'
conception of the conservation of matter
and related concepts. Journal of Research in
Science Teaching. 34(2): 181-197.
- Kemmis, S. and R. Mc Taggart. 1988. The action
research planer. Victoria Deakin University
Press.
- Martin, R., Sexton, C. and Gerlovich, J. 2002.
Teaching Science for all Children: Methods
for Constructing Understanding. Boston:
Allyn and Bacon.
- White, R., and Gunstone, R. 1992. Probing
understanding. London and New York: The
Falmer Press.