

การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ

COMPARING STUDENTS' CONCEPTIONS OF CHEMICAL BONDS PRIOR AND AFTER THE IMPLEMENTATION OF PAPER-BASED T5 LEARNING MODEL

สมเจตน์ อูระศิลป์ (Somjet Urasin)¹

ศักดิ์ศรี สุภาษร (Saksri Supasorn)²

บทคัดย่อ

เนื้อหาวิชาเคมีจำนวนมากเป็นเรื่องที่ยากในการทำความเข้าใจ เช่น พันธะเคมี ส่งผลให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะเคมี วิธีการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวอาจมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการแก้ไขมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้ การสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาษเป็นการเรียนแบบร่วมมือรูปแบบใหม่ซึ่งได้นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียน เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 6 สภาแวดล้อมการเรียนรู้ รวม 17 ชั่วโมง โดยศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธารทองพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 33 คน กระบวนการเรียนรู้ตามโมเดล T5 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ทำงานเดี่ยวให้เสร็จ 2) ให้ข้อเสนอแนะงานเดี่ยวของเพื่อน 2 คน 3) รับและประเมินความเป็นประโยชน์ของข้อเสนอแนะจากเพื่อน 4) ทำงานกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แล้วประเมินการทำงานของกลุ่ม และ 5) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะกลุ่มและปรับแก้เสริมความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้อง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ผลการศึกษา พบว่านักเรียนมีคะแนนสะสมรวมทุกสภาแวดล้อมการเรียนรู้เฉลี่ย 22.15 และมีคะแนน

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

² อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มโนติกหลังเรียนเฉลี่ย 42.64 มีค่าประสิทธิภาพ E1/E2 เป็น 73.80/71.06 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนติก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test analysis) พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนติกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value น้อยกว่า .001) และมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 33.28 ซึ่งมีร้อยละมโนติก่อนเรียนถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เท่ากับ 15.67 36.77 และ 52.56 ตามลำดับ และมีคะแนนร้อยละมโนติกหลังเรียนถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เท่ากับ 59.80 27.07 และ 13.13 ตามลำดับ

คำสำคัญ : T5 model มโนติกคลาดเคลื่อน มโนติกผิด

Keyword : T5 model, alternative conception, misconception

Abstract

Chemical bonding is one of the intangible concepts in chemistry which is difficult to understand as many students held some alternative conceptions about bonding. Lecture-based teaching approach may not be effective enough to correct these alternative conceptions. The new cooperative learning approach called paper-based T5 model was introduced in the chemical bonding topic including 6 learning environments (LEs), 17 hours. The T5 learning process in each LE consists of 1) completing an individual task by studying provided resources, 2) providing constructive feedback to two peer tasks, 3) modifying an individual task regarding peer feedbacks, 4) completing a team task by group of 4 students, and 5) correcting and fulfilling student conceptions by an instructor. The target group of this study was 33 students from Matthayomsuksa 4 in the first semester of year 2010 at Tantong Pittayakom School. The study tools consisted of conceptual test. The study resulted that the transitional score of all LEs was 22.15 and the post-conceptual score was 42.64, so the E1/E2 effectiveness was 73.80/71.06. The

dependent t-test analysis indicated that the post-conceptual score was statistical higher than the pre-conceptual score at p-value less than 0.001 as the gain in content knowledge was 33.28%. For the pre-conception, the percentage of good, alternative and misconception were 15.67, 36.77 and 52.56, respectively. After the T5 learning activities, the percentage of good, alternative and misconception were 59.80, 27.07 and 13.13, respectively.

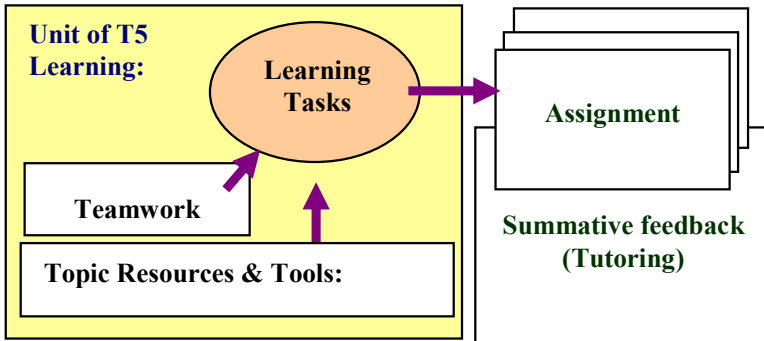
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เคมีเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแนวคิดเกี่ยวกับวิชาเคมีจำนวนมากมักจะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เช่น เรื่อง โครงสร้างอะตอม และพันธะเคมี ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับนามธรรม การสร้างมโนคติที่ถูกต้องจึงอาจเป็นเรื่องที่ยาก นอกจากนี้ นักเรียนจำนวนมากยังมีแนวโน้มในการมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (alternative conception) หรือผิด (misconception) จากความเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์ (scientific consensus) มากขึ้น เนื่องจากมโนคติต่างๆ ในวิชาเคมีมักจะเกี่ยวเนื่องกันและกัน โดยมโนคติที่เรียนก่อนจะเป็นพื้นฐานของมโนคติในเรื่องที่เรียนถัดไป (วารสารณัฏฐิณี, 2532) หากนักเรียนไม่เข้าใจมโนคติที่เรียนหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนจะไม่สามารถเรียนรู้ มโนคติใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นครูเคมีต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจมโนคติได้อย่างถูกต้อง

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีมโนคติที่ไม่ถูกต้องในวิชาเคมีเป็นส่วนมาก ซึ่งเรื่องพันธะเคมีเป็นเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนเนื้อหาเคมี โดยนักเรียนส่วนมากมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (มนตรี เชื้อพันธ์, 2544; เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, & ณฤมล ยุตาคม, 2550; Peterson & Treagust, 1989) จากรายงานของสำนักทดสอบการศึกษาแห่งชาติ พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนธาทองพิทยาคม ปีการศึกษา 2551 และ 2552 มีค่าร้อยละ 28.50 และ 26.82 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของระดับประเทศ ซึ่งค่าเฉลี่ย 33.70 และ 31.03 ตามลำดับ (สำนักงานทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2553) และจากการจัดการเรียนการสอนในปีการศึกษา 2552

ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี โดยนักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่า การเกิดสารประกอบระหว่างอะตอมของโลหะกับโลหะ หรืออะตอมของอโลหะกับอโลหะ มีลักษณะการรวมตัว มีการให้และรับอิเล็กตรอนอย่างไร เกิดเป็นพันธะเคมีชนิดใด รวมทั้งไม่สามารถอธิบายโครงสร้าง การเกิดปฏิกิริยาและรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบดังกล่าวได้ จึงส่งผลกระทบต่อนักเรียนในการเรียนวิชาเคมีในเรื่องต่อไป นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่า นักเรียนบางคนมีความสับสนในการทำนายรูปร่างโมเลกุลโดยใช้ทฤษฎีการผลักของคู่อิเล็กตรอน (Valence Shell Electron Pair Repulsion, VSEPR) โดยเข้าใจว่าสภาพขั้วของพันธะสามารถทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สัง, & วรณทิพา รอดแรงคำ, 2549; Ozmen, 2004) และยังสับสนเกี่ยวกับธรรมชาติของแรงระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น นักเรียนเข้าใจว่า HBr ซึ่งมีมวลโมเลกุลมากกว่า HF จึงมีจุดเดือดสูงกว่า โดยไม่ได้คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน (H-bond) ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ HF นอกจากนี้นักเรียนยังเข้าใจว่าแรงระหว่างโมเลกุลเป็นแรงภายในโมเลกุล ส่วนใหญ่เข้าใจว่าการร่วมสร้างพันธะโคเวเลนต์ของอิเล็กตรอนจะเท่ากันในทุกพันธะ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551)

โมเดลการเรียนรู้ T5 เป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านระบบออนไลน์ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประสบผลสำเร็จอย่างมากที่มหาวิทยาลัยวอเตอร์ลู (University of Waterloo) ประเทศแคนาดา (Salter, Richard, & Carey, 2004) โดยรูปแบบการเรียนรู้ตามโมเดล T5 มีองค์ประกอบ 5 อย่าง ได้แก่ 1) การมอบหมายงานทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม (Task) 2) การให้ข้อเสนอแนะระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและครูกับผู้เรียน (Tutoring) 3) การทำงานเป็นกลุ่ม (Teamwork) 4) แหล่งเรียนรู้ (Topic resources) และ 5) เครื่องมือหรือเทคโนโลยี (Tools or technology) ที่สนับสนุนการเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมาย ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านี้แสดงในหน่วยการเรียนรู้ตามโมเดล T5 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 : องค์ประกอบในหน่วยการเรียนรู้ตามโมเดล T5 (ปรับปรุงจาก Salter, Richard, & Carey, 2004)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 เน้นให้นักเรียนทำงานเดี่ยวและงานกลุ่มเพื่อเรียนรู้โน้มน้าเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานก่อน แล้วค่อยให้ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะและบรรยายเสริมความเข้าใจให้ถูกต้องมากขึ้น จากจุดเดนนี้นักเรียนมีการนำการเรียนรู้แบบโมเดล T5 ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหลายวิชา เช่น วิทยาศาสตร์ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ T5 แบบกระตาด พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องจากในงานที่ 1 ครูได้มอบหมายให้นักเรียนได้แก้โจทย์ปัญหาก่อนเข้าชั้นเรียนทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบางส่วนทั้งยังฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง หรือแก้ปัญหาภายในกลุ่มโดยครูเป็นผู้แนะนำ นอกจากนี้งานที่นักเรียนได้รับการประเมินโดยเพื่อนและครูทันทีทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในการทำงานของตนเอง นอกจากนี้ในกิจกรรมกลุ่มนักเรียนได้มีการอภิปราย แลกเปลี่ยน ซักถามกันภายในกลุ่มทำให้นักเรียนสนุกในการเรียนส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับอรธพล แทนแก้ว (2554) ที่ศึกษาผลของการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนการประเมินผลระหว่างกลุ่มผู้เรียนในวิชาฟิสิกส์โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระตาดแล้วพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องจากโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระตาด มีการออกแบบงานเดี่ยวและงานกลุ่ม นักเรียนจะต้องศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีความรู้ด้วยตนเองเพื่อที่จะทำชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ

โดยมีครูเป็นผู้คอยช่วยเหลือ และในการวิจารณ์งานของเพื่อนทำให้นักเรียนได้นำข้อมูล
ป้อนกลับไปพัฒนางานตนเอง ซึ่งในกระบวนการกลุ่มนักเรียนได้พูดคุย ปรีกษาและทำ
กิจกรรมร่วมกันส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในกลุ่มทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
ขึ้น นอกจากนี้ ช่อทิพย์ กัณฑโชติ (2552) ได้ศึกษาการใช้โมเดลการเรียนรู้ T5 ร่วมกับ
D4L+P ในการสอนชีววิทยาเบื้องต้น 2 สำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่าง
นักศึกษาคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ผล
จากการศึกษาพบว่าผู้เรียนร้อยละ 58 สามารถผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำในการประเมินผลการ
เรียน คือ เท่ากับร้อยละ 60 ของ คะแนนเต็ม อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตพฤติกรรมการ
การตอบแบบสอบถาม และความถี่ในการเข้าทำงานที่ได้รับมอบหมายของผู้เรียนใน
ขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่าน D4L+P พบว่าผู้เรียนมากกว่าร้อยละ 70 รู้สึก
ชื่นชอบและมีความสุขกับวิธีการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบนี้ รวมทั้งมีความสนใจ
และตั้งใจส่งงานให้ตรงเวลา

จากงานวิจัยที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งรายงานว่าการจัดการเรียนรู้ T5
แบบออนไลน์มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความเข้าใจของนักเรียนในภาพรวม แต่ไม่ค่อย
ประสบผลสำเร็จกับนักเรียนกลุ่มอ่อน ทั้งนี้เพราะการเรียนผ่านคอมพิวเตอร์มีสิ่งดึงดูด
ความสนใจของผู้เรียนจากเนื้อหาที่เรียน และจากการจัดการเรียนรู้ T5 แบบกระดาศ
ในวิชาเคมีอินทรีย์ พบว่า มีประสิทธิภาพสำหรับนักเรียนทุกระดับความสามารถ โดย
นักเรียนส่วนใหญ่ชอบการทำงานผ่านกระดาศ มากกว่าผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ เพราะ
ง่ายต่อการทำงานและสามารถศึกษาและเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการเขียนมากกว่าการ
พิมพ์ในคอมพิวเตอร์ (Supasorn, 2009) ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำกิจกรรมการ
เรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ มาใช้กับนักเรียนที่เรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่
4 โรงเรียนธารทองพิทยาคม ปีการศึกษา 2552 เพื่อแก้ปัญหาข้างต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ E1/E2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5
แบบกระดาศ เรื่อง พันธะเคมี ที่สร้างขึ้นมา
2. เพื่อเปรียบเทียบโมเดลที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ก่อนเรียนและหลัง
เรียนตามโมเดล T5 แบบกระดาศ เรื่อง พันธะเคมี

คำถามเพื่อการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 เรื่องพันธะเคมีมีประสิทธิภาพ E1/E2 เป็นอย่างไร
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธาทองพิทยาคม มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ก่อนเรียนและหลังเรียนตามโมเดล T5 แบบกระตาด เรื่อง พันธะเคมี อย่างไร

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 33 คน โดยเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนเรียนคณิต-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนธาทองพิทยาคม จำนวน 3 ห้องเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน รวม 17 ชั่วโมง (ตาราง 1)

ตาราง 1 : กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้หรือสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรม	ชั่วโมง
1. การเกิดพันธะเคมี	- เกมจับคู่: ชนิดของพันธะ	3
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกในชีวิตประจำวัน - การทำแผนผังความคิด	3
3. ปฏิกิริยาของสารประกอบ	- ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก (การปฏิบัติการทดลอง + ไอออนิกโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง + เกม)	3
4. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	- การเขียนสูตรจากชื่อสารประกอบที่กำหนดให้ (เกม) 2 - กิจกรรมฉันเป็นใคร : จับคู่สูตรเคมีและชื่อจากบัตรคำ	
5. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	- การสร้างรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์จากโฟม	3
6. สภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	- ปัจจัยที่มีผลต่อจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ 3	
รวม		17

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดมโนคติแบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับชั้น (2-tier multiple choice conceptual test) เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 30 ข้อ โดยในหนึ่งข้อประกอบด้วยตัวเลือก 2 ส่วน ได้แก่ คำถามชนิด 4 ตัวเลือก และเหตุผลที่เลือกคำตอบในส่วนที่ 1 โดยมีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.27 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.85

<p>คำถาม: สารประกอบใดต่อไปนี้ไม่มีรูปร่างโมเลกุลแบบมุมงอ</p> <p>ก. NH_3, AsH_3 ข. H_2Se, HCl ค. BeCl_2, CO_2 ง. H_2S, Cl_2O</p> <p>เหตุผล: เพราะอะตอมกลางมี</p> <p>1. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่</p> <p>2. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว</p> <p>3. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่</p> <p>4. อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่</p>
--

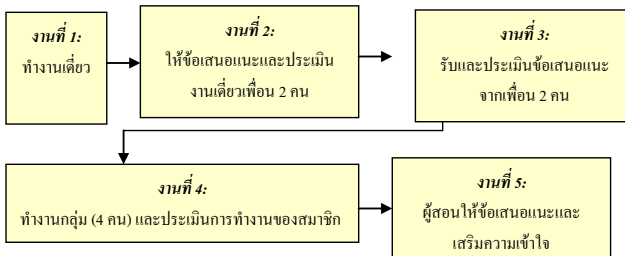
ภาพที่ 2 : ตัวอย่างคำถามในแบบวัดมโนคติแบบปรนัยชนิดตัวเลือก 2 ลำดับชั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลัง (one-group pre-test post-test design) มีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

1. นักเรียนทำแบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาษ (ก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน แต่สลับตัวเลือกและลำดับข้อ)

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 (สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ 1-6) ใช้เวลาทั้งหมด 17 ชั่วโมง โดยในแต่ละสภาพแวดล้อมการเรียนรู้มีกระบวนการเรียนรู้ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3: กระบวนการเรียนรู้ในแต่ละสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาษ

3. นักเรียนทำแบบทดสอบวัดมโนคติหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี (ก่อนเรียน และหลังเรียนเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน แต่สลับตัวเลือกและลำดับข้อ)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้สามารถแยกวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. คะแนนสะสมระหว่างเรียนตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี

การประเมินคะแนนสะสมระหว่างเรียนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระตาศ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (LE) ประกอบด้วย 2 ส่วน การประเมินโดยเพื่อนในชั้นเรียนในงานที่ 2-4 (คิดเป็น 15 คะแนน) และการประเมินโดยครูผู้สอนในงานที่ 1 2 และ 4 (คิดเป็น 15 คะแนน) ซึ่งการประเมินงานในแต่ละสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ประกอบด้วย 7 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (ตาราง 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยที่ประเมินโดยเพื่อนในชั้นเรียนเป็น 10.85 (SD = 0.82) และคะแนนเฉลี่ยที่ประเมินโดยครูผู้สอนเป็น 11.30 (SD = 1.87) และมีคะแนนรวมเฉลี่ยจากการทำกิจกรรมเป็น 22.14 (SD = 2.27)

ตาราง 2 : คะแนนสะสมระหว่างกระบวนการเรียนรู้ตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี

มโนคติ	จากนักเรียน 15 คะแนน		จากครูผู้สอน 15 คะแนน		รวม 30 คะแนน	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD
1. การเกิดพันธะเคมี	10.62	0.84	11.09	1.95	21.71	1.51
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	10.38	0.64	10.24	2.43	20.62	1.76
3. ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก	11.32	0.72	10.77	1.62	22.09	1.27
4. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	11.03	0.81	11.64	1.80	22.67	1.42
5. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	11.00	0.79	12.05	1.46	23.05	1.28
6. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	10.94	0.83	11.58	1.56	22.53	1.28
7. พันธะโลหะ	10.62	0.75	11.51	1.50	22.13	1.72
เฉลี่ยรวม	10.85	0.82	11.30	1.87	22.14	2.27

2. คะแนนมโนติเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี

ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนติแต่ละข้อ ดังนี้ ถ้าตอบถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผล ถือว่าเข้าใจมโนติถูกต้องได้ 2 คะแนน (good conceptions) ถ้าตอบถูกต้องส่วนใดส่วนหนึ่ง ถือว่านักเรียนมีมโนติคลาดเคลื่อนหรือมโนติทางเลือก (alternative conceptions) ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดทั้งสองส่วน ถือว่านักเรียนมีมโนติที่ผิด (misconceptions) ได้ 0 คะแนน (ปรับปรุงจาก กาญจนนา เป็นวงศ์, 2546) จากการวิเคราะห์คะแนนแบบวัดมโนติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนติก่อนเรียนเป็น 22.67 (SD = 4.79) และคะแนนเฉลี่ยมโนติหลังเรียนเป็น 42.64 (SD = 6.39) คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้า 19.97 หรือร้อยละ 33.28 จากการทดสอบค่าที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกันเพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value น้อยกว่า .001) ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3: ผลการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5

คะแนน	Mean	SD	ค่าเฉลี่ยผลต่าง (SD)	t	df	p-value
ก่อนเรียน	22.67	4.79	19.97 (4.13)	27.75	32	< 0.001
หลังเรียน	42.64	6.39				

ผู้วิจัยได้จำแนกแบบวัดมโนติออกเป็นมโนติย่อยตามสภาพแวดล้อมการเรียนรู้หรือแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 : คะแนนเฉลี่ยมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี

มโนมติ	คะแนน	มโนมติก่อนเรียน		มโนมติหลังเรียน		ความก้าวหน้า	
	เต็ม	Mean	SD	mean	SD	Gain	% gain
1. การเกิดพันธะเคมี	6	2.91	1.33	4.70	1.53	1.79	29.83
2. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารไอออนิก	6	1.58	0.90	5.64	0.99	4.06	67.67
3. สมบัติและปฏิกิริยาของสารไอออนิก	10	5.18	0.95	8.55	0.97	3.37	33.70
4. การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	6	2.03	1.01	4.39	0.75	2.36	39.33
5. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	14	5.09	1.40	8.30	1.49	3.21	22.93
6. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	16	5.27	1.59	9.61	1.97	4.34	27.13
7. พันธะโลหะ	2	0.61	0.50	1.45	0.51	0.78	42.00
รวม	60	22.67	4.78	42.64	6.39	19.97	33.28

จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีร้อยละของความก้าวหน้าสูงสุดคือ 67.67 ในเรื่องการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเนื้อหาในช่วงแรกๆ ซึ่งยังไม่ซับซ้อนมากหากนักเรียนสามารถเข้าใจหลักการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารดังกล่าว นักเรียนก็สามารถเข้าใจมโนมติในเรื่องอื่นๆ ได้ดี นักเรียนมีร้อยละของความก้าวหน้าต่ำที่สุด คือ 22.93 ในเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ทั้งนี้เนื่องจากในเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรมต้องอาศัยจินตนาการในการดูรูปร่างโมเลกุลค่อนข้างมากและเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อน จึงต้องอาศัย มโนมติในหลายๆ เรื่องมาสัมพันธ์กัน ส่งผลให้ในเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ต่ำไปด้วยเนื่องจากเป็นเรื่องที่ต่อเนื่องกันต้องอาศัยความรู้พื้นฐานในเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (ตาราง 4) และจากการหาประสิทธิภาพระหว่างกระบวนการต่อประสิทธิภาพหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 หรือ ประสิทธิภาพ E1/E2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี ในครั้งนี้มีประสิทธิภาพเป็น 73.80/71.06

3. มโนติก่อนเรียนและหลังเรียนตามโมเดล T5 เรื่อง พันธะเคมี จำแนกเป็นมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด

จากการวิเคราะห์ร้อยละของมโนติก่อนเรียนและหลังเรียนตามโมเดลการเรียนรู้ T5 เรื่อง พันธะเคมี สามารถจำแนกเป็นมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 : ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 เรื่องพันธะเคมี (ข้อสอบ 30 ข้อ และนักเรียน 33 คน)

มโนติ	จำนวน ข้อสอบ	ร้อยละมโนติก่อนเรียน			ร้อยละมโนติหลังเรียน		
		ผิด	คลาดเคลื่อน	ถูกต้อง	ผิด	คลาดเคลื่อน	ถูกต้อง
1. การเกิดพันธะเคมี	3	37.38	28.28	34.34	16.16	11.11	72.73
2. สูตรและเรียกชื่อสารไอออนิก	3	55.56	36.36	8.08	0.00	10.10	89.90
3. สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	5	44.24	30.91	24.85	9.70	21.82	68.48
4. การเขียนสูตรลิวอิสและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	3	54.55	39.39	6.06	12.12	29.29	58.59
5. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	7	56.71	30.74	12.55	22.08	26.84	51.08
6. สภาพขั้วและแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลโคเวเลนต์	8	57.96	31.06	10.98	12.12	40.91	46.97
7. พันธะโลหะ	1	54.55	30.30	15.15	9.09	36.36	54.55

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าหลังการจัดการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกมโนติ สังเกตได้จากร้อยละของนักเรียนมีมโนติคลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งแสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 สามารถช่วยลดมโนติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ลดลงได้โดยมโนติ เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิกนักเรียนมีมโนติถูกต้องมากที่สุด (89.80) ส่วนมโนติที่นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่ค่อนข้างมาก คือ มโนติเรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

(51.08) และสภาพขี้และแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลโคเวเลนต์ (46.97) ซึ่งมีโนมติดังกล่าวค่อนข้างเป็นนามธรรม และซับซ้อนยากแก่การทำความเข้าใจ ทำให้นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนง่ายถึงแม้จะมีการสอนโดยใช้โมเดลแสดงให้เห็นรูปร่างโมเลกุลแต่นักเรียนก็ยังเข้าใจไม่ชัดเจนนัก

ผู้วิจัยได้จำแนกมโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระต่ายออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) มโนคติที่ถูกต้อง (good conceptions) เป็นมโนคติที่นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องสูง โดยมีคะแนนมโนคติมากกว่าร้อยละ 70 ได้แก่

1.1) การเกิดพันธะเคมี พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง ร้อยละ 72.73 โดยนักเรียนสามารถวาดรูปแสดงการเกิดพันธะไอออนิก โคเวเลนต์และโลหะได้ พร้อมอธิบายความแตกต่างระหว่างการเกิดพันธะเคมีทั้ง 3 ชนิดได้ถูกต้อง สามารถยกตัวอย่างและระบุชนิดของพันธะทั้ง 3 ได้ รวมทั้งสามารถอธิบายว่าอะตอมมีการให้และรับอิเล็กตรอนอย่างไร เกิดเป็นไอออนชนิดใด มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันอย่างไร เพื่อทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่งเป็นสภาพที่เสถียรที่สุด เมื่อนักเรียนเข้าใจลักษณะการเกิดของพันธะทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้เข้าใจสมบัติของสารทั้ง 3 ชนิดได้ดียิ่งขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนมีมโนคติที่ผิดและคลาดเคลื่อนร้อยละ 16.16 และ 11.11 ตามลำดับ เช่น การแสดงการเกิดพันธะไอออนิก (NaCl) เมื่ออะตอมของโซเดียม (Na) ให้อิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอนกลายเป็นไอออนบวก (Na^+) และคลอรีนรับอิเล็กตรอน (Cl) กลายเป็นไอออนลบ (Cl^-) ซึ่งนักเรียนวาดรูปแสดงการให้และรับอิเล็กตรอนได้ถูกต้องแต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าไอออนของธาตุก็ยังเป็นอะตอมโซเดียม (Na) และคลอรีน (Cl) เหมือนเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงประจุหรือไอออน และเข้าใจว่าไอออนของโซเดียม (Na^+) และไอออนของคลอรีน (Cl^-) มีขนาดใกล้เคียงกัน

1.2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนมีมโนคติถูกต้องร้อยละ 89.90 โดยนักเรียนสามารถอธิบายหลักการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง โดยเรียกไอออนบวกก่อน ตามด้วยไอออนลบ แล้วจึงเปลี่ยนเสียงท้ายเป็น ไ้ด และสามารถสูตรของสารประกอบไอออนิกจากสัญลักษณ์ของธาตุและเลขอะตอมที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนในการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกร้อยละ 10.10 เช่น ไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็น ไ้ด และเรียกชื่อไอออนที่เป็นกลุ่มอะตอมของสารประกอบไอออนิกผิดบางส่วน

2) มโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (alternative conceptions) เป็นมโนคติที่นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องปานกลาง โดยมีคะแนนมโนคติระหว่างร้อยละ 50-70 ได้แก่

2.1) สมบัติของสารประกอบไอออนิก พบว่า นักเรียนสามารถบอกได้ว่าสารที่กำหนดให้ชนิดใดเป็นสารประกอบไอออนิก โดยดูจากสมบัติของสารประกอบดังกล่าว เช่น มีสถานะเป็นของแข็ง เปราะและแตกหักง่าย จุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง นำไฟฟ้าได้เมื่อละลายน้ำแต่นักเรียนบางคนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสารประกอบไอออนิกสามารถละลายน้ำและนำไฟฟ้าได้ทุกสถานะ (ที่ถูกต้อง คือ นำไฟฟ้าได้เมื่อละลายน้ำหรือหลอมเหลวเท่านั้น)

2.2) ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก พบว่า นักเรียนสามารถเขียนสมการไอออนิกได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก พร้อมทั้งสามารถระบุไอออนที่เกิดจากการแตกตัวจากปฏิกริยาได้ ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริง และเสริมความเข้าใจด้วยโปรแกรมการทดลองเสมือนจริง ทำให้นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้อง แต่นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนยังสับสนว่าสารชนิดใดบ้างที่สามารถเกิดตะกอนได้ โดยนักเรียนเข้าใจว่าโลหะหมู่ 2 ทุกชนิดไม่สามารถละลายน้ำได้ เช่น $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ MgCO_3 ทำให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน

2.3) โครงสร้างแบบลิวิส ซึ่งพบว่า นักเรียนเข้าใจว่าการเขียนโครงสร้างแบบลิวิสนั้นอะตอมกลางเป็นธาตุใดก็ได้ แต่จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมกลางครบแปด และเมื่อกำหนดเลขอะตอมให้นักเรียนเขียนโครงสร้างแบบลิวิส นักเรียนเข้าใจไม่ถูกต้อง โดยเข้าใจว่า การเขียนโครงสร้างแบบลิวิสจะเขียนเฉพาะอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเท่านั้นเพื่อให้ครบแปด

2.4) การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์พบว่า นักเรียนสามารถเขียนสัญลักษณ์ของธาตุองค์ประกอบโดยเรียงลำดับธาตุได้ เมื่อกำหนดชนิดของธาตุหรือเลขอะตอมให้นักเรียนสามารถเขียนสูตรและเรียกชื่อสารได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนเข้าใจผิด โดยในการเรียกชื่อจะอ่านตัวห้อยของสารผิด และในการเรียกชื่อไม่เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไ-ด์

2.5) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 สามารถทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้องโดยดูจากอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและ

อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวแต่นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจคลาดเคลื่อน ว่ารูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์สามารถทำนายได้จากสภาพขั้วของพันธะ ซึ่งอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล เช่น PH₃ และในกรณีที่มีไอออนรวมอยู่ด้วย (H₃O⁺) นักเรียนเข้าใจว่าไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ส่งผลให้ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์คลาดเคลื่อน นอกจากนี้กรณี CCl₄ นักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างแบบจุดและทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ถูกต้อง แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนในการเขียนโครงสร้างแบบเส้น ซึ่งแสดงว่านักเรียนไม่เข้าใจ นักเรียนอาศัยการจดจำจากที่เคยได้เรียน (ภาพ 4)

2.6) เรื่องพันธะโลหะ นักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 สามารถอธิบายเกิดพันธะโลหะได้ถูกต้อง แต่มีนักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะ การนำไฟฟ้า และการสะท้อนแสงของสาร

3) มโนคติที่ผิด (misconceptions) เป็นมโนคติที่นักเรียนมีมโนคติถูกต้องน้อย โดยมีคะแนนมโนคติต่ำกว่าร้อยละ 50 ได้แก่

3.1) สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าอะตอมที่ล้อมรอบอะตอมกลางเป็นธาตุชนิดเดียวกันจัดเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว โดยไม่คำนึงถึงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว เช่น PH₃ โดยอะตอมที่ล้อมรอบอะตอมกลางเป็นธาตุชนิดเดียวกันคือไฮโดรเจน ซึ่งพันธะ P-H ทั้งสามพันธะ เป็นพันธะมีขั้วที่มีอำนาจไฟฟ้าเท่ากัน แต่อะตอมของ P มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวหนึ่ง คู่ทำให้โมเลกุลของ PH₃ มีรูปร่างเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันไม่หมดจึงเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้ว แต่นักเรียนบางส่วนคำนึงถึงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเพียงอย่างเดียว คือถ้ามีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลมีขั้ว ถ้าไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว (ภาพ 4)

3.2) แร่ระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์นักเรียนเข้าใจผิดว่าเกี่ยวกับธรรมชาติของแร่ระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลว เช่น HF และ HBr ซึ่งเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้ว นักเรียนเข้าใจว่า HBr มีมวลโมเลกุลมากกว่า HF ควรมีจุดเดือดสูงกว่า โดยลืมนำถึงพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของ HF และจากการที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ทำให้นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าสารที่กำหนดให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นแบบใด ส่งผลให้นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของโมเลกุลของสารกับจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

3.3) สมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าสมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ ควรมีจุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง ส่วนที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน คือสารนั้นจะต้องละลายน้ำและนำไฟฟ้าได้

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถแยกอภิปรายเป็น 2 ประเด็น คือ คะแนนมโนติก่อนและร้อยละของมโนติก่อนที่ผิด คลาดเคลื่อน และถูกต้อง เรื่อง พันธะเคมี ดังนี้

1) มโนติก่อนและหลังเรียนตามโมเดล T5 แบบกระดาศ เรื่อง พันธะเคมี

นักเรียนที่ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ เรื่อง พันธะเคมี มีคะแนนมโนติก่อนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value น้อยกว่า 0.001) โดยมีคะแนนความก้าวหน้าทางมโนติก่อนเป็น 19 คะแนนหรือร้อยละ 33.28 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือมโนติก่อนของนักเรียนให้สูงกว่าก่อนเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อินยาภัทร์ เอียรทองอินทร์, 2554; อรรถพล แทนแก้ว, 2554; จตุรงค์ ศรีพณิชย์, 2548) ทั้งนี้เพราะนักเรียนได้รับมอบหมายงานก่อนเข้าชั้นเรียน (งานที่ 1) ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมในการเรียน นอกจากนี้ในการให้ข้อเสนอแนะหรือวิจารณ์งานของเพื่อนทำให้ได้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อไปพัฒนาตนเองและในกระบวนการกลุ่มนักเรียนได้พูดคุย ปรึกษาหารือกันทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกลุ่ม และในกระบวนการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ T5 แบบกระดาศมีแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลในระหว่างการเรียน และค่าประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 73.80/71.06 เพราะกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ นักเรียนมีการทำงาน (task) ในเรื่องเดียวกันซ้ำกันหลายๆ ครั้ง โดยมีทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม (งานที่ 1 และ 4) ทำให้นักเรียนเข้าใจมโนติก่อนเรื่องนั้นๆ ได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (Supasorn, 2009) และในกระบวนการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ คะแนนที่ได้เกิดจากการประเมินในแต่ละงานเป็นคะแนนจากการประเมินความพยายามในการทำงาน นักเรียนจึงมีความสนใจเข้าร่วมกิจกรรม และตั้งใจส่งงานให้ทันตามกำหนด (เจริญ ชุมมวอล, 2550)

2) ร้อยละของมโนมติจำแนกเป็นมโนมติที่ผิดคลาดเคลื่อน และถูกต้อง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระตาดขเรื่อง พันธะเคมี สามารถทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธราทองพิทยาคม มีร้อยละของมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดน้อยลงและมีร้อยละของมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดพันธะเคมี สูตรและการเรียกชื่อสารไอออนิก จากการใช้เกมมาเป็นสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และมีการแข่งขันระหว่างกลุ่ม ซึ่งเป็นวิธีการสอนแบบร่วมมือวิธีหนึ่ง ทำให้นักเรียนสนุกสนานในการเรียน ได้ฝึกคิดโดยไม่ต้องเรียนจากการท่องจำชื่อและสัญลักษณ์ต่างๆ ทำให้นักเรียนจดจำได้ดี (อัจฉรา ยิ่งคง, 2547) และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ T5 แบบกระตาดข เป็นการส่งเสริมปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาสาระมากยิ่งขึ้น และจากการสังเกตในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนให้ความสนใจ กระตือรือร้น และเข้าใจในเนื้อหาค่อนข้างดี และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองโดยครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะส่งเสริมนักเรียน (จำลอง ศรีมงคล, 2553)

อย่างไรก็ตาม พบว่านักเรียนบางส่วนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรแบบลิวอิส รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สมบัติของสารประกอบโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อหาบางเรื่องมีลักษณะเป็นนามธรรมทำให้นักเรียนจินตนาการรูปร่างโมเลกุลไม่ได้ เช่น รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าขั้วของพันธะสามารถทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสุวรรณสง, & วรรมทิพา รอดแรงค้า, 2549; Ozmen, 2004) และนักเรียนสามารถอธิบายรูปร่างโมเลกุลที่กำหนดให้ได้ตลอดจนสามารถบอกมุมระหว่างพันธะได้โดยใช้แบบจำลองลูกโป่งและโมเดลโฟม ซึ่งนักเรียนสามารถมองในส่วนที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ในระดับหนึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น และนักเรียนสนุกในการทำกิจกรรม (อุมาพร เอี่ยมละออ, 2552)

นักเรียนบางส่วนมีมโนมติที่ผิดเกี่ยวกับสภาพขั้วและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ เมื่อนักเรียนระบุสภาพขั้วของโมเลกุลผิดก็จะส่งผลให้อธิบายความสัมพันธ์แรงยึดเหนี่ยวของสารกับจุดหลอมเหลวของสารประกอบโคเวเลนต์ผิดด้วยเช่นกัน และนักเรียนจะพิจารณาจุดเดือดของสารตามมวลโมเลกุลของ

สารที่เพิ่มขึ้นโดยไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจนซึ่งมีจุดเดือดของสารเหล่านี้จะสูงกว่าปกติ ดังนั้น ครูควรยกตัวอย่างความแตกต่างระหว่างโมเลกุลมีขั้ว/ไม่มีขั้วของสารประกอบโคเวเลนต์ให้ชัดเจนเพื่อให้ นักเรียนเกิดมโนติที่ถูกต้อง

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ สามารถลดมโนติที่คลาดเคลื่อนและที่ผิดของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถปรับแก้มโนติที่คลาดเคลื่อนได้ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน และการปรับแก้มโนติ ที่คลาดเคลื่อนต้องใช้ระยะเวลาานาน (มังกร ทองสุขดี, 2535)

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามโมเดล T5 แบบกระดาศ ครูผู้สอนควรศึกษาความคงทนในการเรียนร่วมกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน
2. ครูผู้สอนควรสำรวจมโนติของนักเรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อที่จะได้ทำกิจกรรมที่เหมาะสมและปรับแก้มโนติของนักเรียนให้ถูกต้อง และจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจมโนติเชิงวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา เป็นวงศ์. (2546). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับมโนติที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องกลไกมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จตุรงค์ ศรีพานิชย์. (2548). การพัฒนาการสอนวิชาฟิสิกส์โดยวิธี T5 model. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- จำลอง ศรีมิ่งคุณ. (2553). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนที่ใช้สิ่งช่วยจัดมโนติล่วงหน้า หน่วยการเรียนรู้พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- เจริญ ชุมมวล. (2550). การเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ประสบการณ์จากการนำมาใช้. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการข่าย งานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. อุบลราชธานี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

- ช่อทิพย์ กัณทโชติ. (2552). การใช้ T5 Model ร่วมกับ D4L + P ในการสอนชีววิทยาเบื้องต้น 2 สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการการจัดการเรียนรู้สู่การปฏิบัติจริงในระดับอุดมศึกษา. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 19 (2) : 10-25.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, & วรณทิพา รอดแรงคำ. (2549). การสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ. 27(1): 27-38.
- ธัญญภัทร์ เขียรทองอินทร์. (2554). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบที่ไฟว์กระดาก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ. 3 : 256-263.
- มนตรี เชื้อพันธ์. (2544). การวิเคราะห์หัตถ์โนมิตที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มังกร ทองสุชาติ. (2535). การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, & นฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 13(4): 541-553.
- วราภรณ์ ธีรสิริ. (2532). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2553). รายงานการทดสอบโอเน็ต. ค้นเมื่อ 10 มีนาคม, 2553, จาก [http:// www.niets.or.th/](http://www.niets.or.th/)
- อรรถพล แทนแก้ว. (2554). T5 Model : สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนการประเมินผลระหว่างกลุ่มผู้เรียนในวิชาฟิสิกส์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ. 3 : 51-59.

- อัจฉรา ยังกง. (2547). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือในการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อุมาพร เอี่ยมละออ. (2552). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Supasorn, S. (2009). Implementation of paper-based T5 learning model to enhance student understanding: The case for low-achievement student in organic chemistry course. *Proceedings of International Science Education Conference 2009*. Singapore : National Institute of Education.
- Ozmen , H. (2004). Some student misconceptions in chemistry : A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*. 13(2) : 147-158.
- Peterson , R.F, & Treagust , D.F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of chemical Education*. 66 (6) : 459-460.
- Salter, D., Richards, L., & Carey, T. (2003). Atask-based approach to integrate faculty development in pedagogy and technology. In A. Rossett (Ed.), *Proceedings of World Conference on E- Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (pp. 1156-1159). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- _____. (2004). The T5 design model: An instructional model and learning environment to support the integration of online and campus-based courses. *Educational Media International*. 41(3) : 207-218.
- ต้นฉบับ HAS 18-54 (18 ส.ค. 54)