ผลการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิด ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลองวิทยา จังหวัดแพร่

The Effects of Using Analogy-Based Instruction on Scientific Concept and Mental Representation in the Topic of Chemical Bonding of Grade 10 Students at Long Wittaya School in Phrae Province

ศศิธร เต็มสิริโชติ* นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และดวงเดือน สุวรรณจินดา****

* นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Sasitorn Temsirichote*, Nuanjid Chaowakeratipong and Duongdearn Suwanjinda****

* Department of Education, Sukhothai Thammathirat Open University

** Lecturer in the Department of Education, Sukhothai Thammathirat Open University

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบและแบบปกติ 2) เปรียบเทียบการเสนอตัวแทนความคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบและแบบปกติ 3) เปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ และ 4) เปรียบเทียบการเสนอตัวแทนความคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลองวิทยา 2 ห้องเรียน จำนวน 53 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับฉลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 29 คน อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 3) แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์และตัวแทนความคิด วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีการเสนอตัวแทนความคิดหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับสูงกว่าก่อนเรียน 4) การเสนอตัวแทนความคิดหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ การเสนอตัวแทนความคิด พันธะเคมี

Abstract

The purposes of this research were to: 1) compare students' scientific concept understanding in the topic of chemical bonding after learning between a group of students

using the analogy based instruction and using the traditional instruction; 2) compare students' mental representation in the topic of chemical bonding after learning between a group of students using the analogy-based instruction and using the traditional instruction; 3) compare scientific concept understanding in the topic of chemical bonding before and after learning of students using the analogy-based instruction and 4) compare mental representation in the topic of chemical bonding before and after learning of students using the analogy-based instruction. The research sample consisted of 5 3 grade 10 students in 2 intact classrooms of Long Wittaya School, obtained by cluster random sampling. One class of 29 students was randomly assigned as an experimental group and the other class of 24 students was assigned as a control group. The research instruments were 1) analogy based instruction lesson plans, 2) traditional based instruction lesson plans, and 3) scientific concept understanding and mental representation tests. Data were analyzed using the percentage, mean, standard deviation, and analysis of covariance.

The results showed that; 1) the experimental group' s scientific concept understanding was higher than control group at .01 level of significance, 2) the experimental group' s mental representation was higher than control group at .01 level of significance, 3) the experimental group' s scientific concept understanding after learning was higher level than before learning and 4) the experimental group' s mental representation after learning was higher level than before learning.

Keywords: Analogy based instruction, Scientific concept understanding, Mental representation, Chemical Bonding

บทนำ

การพัฒนาประเทศไทยในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 อยู่ในห้วงเวลาของการปฏิรูปประเทศท่ามกลางสถานการณ์โลกที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นั่นคือประเทศไทยจะต้องเร่งพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยให้ความสำคัญกับการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศสู่เป้าหมาย (Office of the National Economic and Social Development, 2016) การที่จะพัฒนาให้เยาวชนไทยให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น ควรพัฒนาความเข้าใจ มโนมติทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากมีความสำคัญและเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Chaowakeratipong (2014) ได้กล่าวว่าการเรียนรู้มโนมติจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ในเรื่องนั้นได้ถึงระดับสูงสุด ซึ่งเคมีเป็นวิทยาศาสตร์อีกแขนงหนึ่งที่มีความสำคัญ เป็นศูนย์กลางของวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ จึงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาสู่เป้าหมายอย่างยั่งยืน (Kaewkram, 2020)

วิชาเคมีมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรม คำอธิบายส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่ในระดับที่นักเรียนจะสังเกตเห็นได้ โดยนักเรียนต้องมีความสามารถสร้างคำอธิบายในระดับอะตอมหรือโมเลกุล เป็นสิ่งยากที่นักเรียนจะทำได้จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจแนวคิดหลักทางเคมีได้ (Wichaidit, 2018) จะเห็นได้ว่าเนื้อหาวิชาเคมีเป็นปัญหาต่อนักเรียน และนักเรียนจำนวนมากแก้ปัญหาโดยปราศจากความเข้าใจส่งผลให้มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Cetin, Kaya & Geban, 2009, Taber, 2001) นั่นคือหากไม่มีความเข้าใจหรือมีความเข้าใจที่ถูกต้องเพียงบางส่วนจะมีผลให้การต่อยอดความรู้คลาดเคลื่อนไปด้วย (Chaowakeratipong, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับ Jitseng, Thammaprateep

and Chaowakeeratipong (2018). ที่กล่าวว่า ปัญหาดังกล่าวเป็นผลสืบเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะเด่นเฉพาะของวิชาเคมีพบว่า เป็นวิชาที่มุ่งเน้นอธิบายสสารและการเปลี่ยนแปลงของที่มีการอธิบายปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) (Faikhamta, 2017) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีให้ประสบความสำเร็จ จำเป็นต้องเน้นให้นักเรียนได้เข้าใจและสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของสารทั้ง 3 ระดับ ดังกล่าวได้ (Johstone, 2000 as cited in Jaber & Boujaoude, 2011) สอดคล้องกับ Phenglengdi (2019) ที่กล่าวว่า ครูควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เคมีได้อย่างมีความหมายโดยเชื่อมโยงกับสาระเคมีและอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ทั้ง 3 ระดับ และนอกจากนี้ Kozma and Russell (2005) ยังได้กล่าวว่า การแสดงความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ ออกมาให้เห็นเป็นรูปธรรมสามารถแสดงออกด้วยการเสนอตัวแทนความคิด

ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนเพื่อสื่อสารหรือแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในมโนมติ จากสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งอาจแสดงได้หลายรูปแบบ เช่น คำอธิบาย การบรรยาย การวาดรูป แผนภาพ สมการ กราฟ แบบจำลอง บทบาทสมมติ (Faikhamta, 2020) นั่นคือ การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับเคมี นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติทางเคมีในระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี และการที่จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถอธิบายความเข้าใจของตนเองโดย

การเสนอผ่านตัวแทนความคิดนั้น ครูจะต้องออกแบบกิจกรรมแล้วทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างภาพได้ (Kozma & Russell, 2005)

จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการเปรียบเทียบ (Analogy Technique) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการอธิบายหรือสื่อความหมายของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้นิยามการเปรียบเทียบว่าเป็นกระบวนการหาความเหมือนของแนวคิด 2 แนวคิด โดยแนวคิดแรกคือแนวคิดที่รู้จักหรือคุ้นเคยเรียกว่า แอนะล็อก (Analog) และแนวคิดที่สองคือแนวคิดที่ไม่รู้จักหรือไม่คุ้นเคยว่า เป้าหมาย (Target) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ Focus-Action-Reflection (FAR) Guide Teaching ตามแนวคิดของ Treagust, Harrison and Venvilee (1998) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นเน้น (Focus) เป็นขั้นที่ครูต้องเตรียมก่อนสอน โดยวิเคราะห์และคัดเลือกเนื้อหาที่เป็นนามธรรม สำรวจนักเรียนว่ารู้อะไรเกี่ยวกับเนื้อหานี้มาก่อนแล้วบ้าง และคัดเลือกสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) 2. ขั้นลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นนักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาความเหมือน (Like) และความแตกต่าง (Unlike) ระหว่างสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Analog) กับมโนมติที่ศึกษา (Target) และ 3. ขั้นสะท้อน (Reflection) เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับผลการใช้สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) และจากการศึกษางานวิจัยของ Boonkong (2015) ที่พบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจระดับสมบูรณ์ และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ส่วนความเข้าใจระดับคลาดเคลื่อนของนักเรียนลดลงทุกมโนมติและ Srikhunha (2014) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังจากผ่านวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติที่หลากหลาย ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหว (Computer Animations) และการเปรียบเทียบ (Analogy) โดยสอดคล้องกับระดับความสามารถที่ส่วนใหญ่สามารถเสนอตัวแทนความคิดในระดับที่สูงขึ้น

มโนมติในเรื่องพันธะเคมี เป็นมโนมติหนึ่งที่เป็นนามธรรมและมีความสำคัญต่อการศึกษาสมบัติ

ของสารและปฏิกิริยาเคมี และเป็นเนื้อหาพื้นฐานก่อนเรียนเนื้อหาสมดุลเคมี กรดเบส และเคมีอินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยทางการศึกษา พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี โดยเฉพาะเนื้อหาเกี่ยวกับกฎออกเตต ขั้วของพันธะและโมเลกุล รูปร่างโมเลกุลและแรงระหว่างโมเลกุล (Birk & Abbassian, 1999; Coll & Taylor, 2002; Peterson & Treagust, 1998 as cited in Faikhamta, 2020) นั่นคือ หากนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่ไม่ถูกต้องจะทำให้นักเรียนมีปัญหาในการเรียนรู้มโนมติอื่น ๆ ในเรื่องต่อ ๆ มา จึงควรมีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนมติที่ศึกษา ซึ่งเป็นมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เสนอตัวแทนความคิด นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการแสดงออกด้วยการเสนอตัวแทนความคิดให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้นได้

จากความสำคัญและเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำวิจัยในเรื่องนี้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบในรูปแบบ Focus-Action-Reflection (FAR) Guide Teaching หรือ FAR Guide เป็นตัวแปรอิสระ และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียนเป็นตัวแปรตามในการวิจัยครั้งนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบและแบบปกติ

2) เพื่อเปรียบเทียบการเสนอตัวแทนความคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบและแบบปกติ

3) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ

4) เพื่อเปรียบเทียบการนำเสนอตัวแทนความคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนลองวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 86 คน จัดเป็น 3 ห้องเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนลองวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 2 ห้องเรียน จำนวน 53 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จากนั้นทำการสุ่มอย่างง่ายโดยจับฉลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 29 คน อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน

2. ตัวแปร

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เรื่อง พันธะเคมี

2.2 ตัวแปรตาม คือ 1) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และ 2) การเสนอตัวแทนความคิด

3. เนื้อหาสาระ คือ เรื่อง พันธะเคมี วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาทั้งหมด 10 มโนมติ ได้แก่ กฎออกเตต การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างสารประกอบไอออนิก การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและ

พลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ และการเกิดพันธะโลหะ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบสำหรับกลุ่มทดลอง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของคุณลักษณะระหว่างสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยกับมโนมติที่ศึกษา (Target) โดยใช้รูปแบบของ Focus–Action–Reflection (FAR) Guide Teaching หรือ FAR Guide ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นเน้น (Focus) เป็นขั้นที่ครูต้องเตรียมก่อนสอน โดยวิเคราะห์และคัดเลือกเนื้อหาที่เป็นนามธรรม สำรวจนักเรียนว่ารู้อะไรเกี่ยวกับเนื้อหานี้มาก่อนแล้วบ้าง และคัดเลือกสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) 2) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นนักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาความเหมือนและความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Analog) กับมโนมติที่ศึกษา (Target) และ 3) ขั้นสะท้อน (Reflection) เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับผลการใช้สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวทางคู่มือครูของ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น ใช้การบรรยาย ใช้สื่อประกอบการเรียน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ มีทั้งหมด 10 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 21 ชั่วโมง หาคุณภาพโดยนำเสนอเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้องเชิงเนื้อหาระหว่างจุดประสงค์ มโนมติ และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จากนั้นนำมาปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะ ได้แก่ ปรับปรุงสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ให้เหมาะสมและชัดเจนกับบางมโนมติ และการใช้เวลาให้เหมาะสมกับการดำเนินกิจกรรม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ โดยครอบคลุม 10 มโนมติ จำนวน 10 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วย ส่วนที่ 1 เป็นแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 2 เป็นแบบวัดการเสนอตัวแทนความคิด หาคุณภาพโดยเสนอผู้เชี่ยวชาญและคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และนำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาความเหมาะสมของการใช้ภาษา การใช้คำถาม เวลาในการทำแบบวัด จากนั้นหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยง ซึ่งพบว่า แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.40 – 0.58 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.60 ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.97 และแบบวัดการเสนอตัวแทนความคิดมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.43 – 0.50 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.75 ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.96

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. วัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิด วิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิดไม่แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยนักเรียนกลุ่มทดลองจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบที่ผู้วิจัย

สร้างขึ้น และนักเรียนกลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. ดำเนินการการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบวัดความเข้าใจ มโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิด วิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นฉบับเดียวกับก่อนเรียนและสัมภาษณ์นักเรียนในกรณีที่ไม่เข้าใจการอธิบายคำตอบของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบคะแนนค่าเฉลี่ยความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และการเสนอตัวแทนความคิดก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

1. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	S.D.	F	p
กลุ่มทดลอง	29	22.09	0.71	42.83	.00**
กลุ่มควบคุม	24	15.17	0.78		

**p < .01

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เท่ากับ 22.09 และ 15.17 ตามลำดับ และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.711 และ 0.781 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการเปรียบเทียบการเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) การเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	S.D.	F	p
กลุ่มทดลอง	29	41.03	1.15	97.36	.00**
กลุ่มควบคุม	24	24.09	1.27		

**p < .01

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบการเสนอตัวแทนความคิดหลังเรียน เท่ากับ 41.03 และ 24.09 ตามลำดับ และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.150 และ 1.265 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) นั่นคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีการเสนอตัวแทนความคิดหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบโดยการหาร้อยละแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

มโนมติ	จำนวนร้อยละแต่ละมโนมติ									
	S	U	P	U	PU & MU		M	U	N	U
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
มโนมติย่อย 1 -10	0	38.62	3.10	46.90	1.03	11.38	32.76	3.10	63.10	0.00

จากตารางที่ 3 พบว่าความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ส่วนใหญ่ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นทุกมโนมติ

4. ผลการเปรียบเทียบการเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบโดยการหาค่าความถี่และร้อยละแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

มโนมติ	จำนวนร้อยละแต่ละมโนมติ											
	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ระดับที่ 3		ระดับที่ 4		ระดับที่ 5		ไม่นำเสนอ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
มโนมติย่อย 1 -10	0.34	0.00	35.52	4.14	5.52	20.00	0.00	32.07	0.00	43.79	58.62	0.00

จากตารางที่ 4 พบว่า การเสนอตัวแทนความคิดในภาพรวมก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ไม่สามารถเสนอตัวแทนความคิดได้ หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอตัวแทนความคิดได้ในระดับที่ 5

อภิปรายผล

1. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ

เปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0.1 และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ส่วนใหญ่ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นทุกมโนมติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน ที่เป็นเช่นนี้เพราะในการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบจากการวิจัยพบว่าสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ในแต่ละมโนมติช่วยให้นักเรียนเห็นภาพได้ชัดขึ้นเนื่องจากเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย ดังเช่น มโนมติเรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ คือ กระดานหมากฮอส และในขั้นสะท้อนนักเรียนยังได้เสนอสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ได้โดยนักเรียนได้นำเสนอสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) คือ รูบิค ชนิด 2 สี และสามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ที่นักเรียนนำเสนอ และมโนมติที่ศึกษา (Target) ได้ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบนั้นช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมติที่เป็นนามธรรมได้อย่างเห็นภาพเป็นรูปธรรม เห็นภาพได้ชัดเจน ซึ่งเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน หรือได้รับประสบการณ์ตรงจากการได้ทำกิจกรรม จึงส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากครูผู้สอนได้เตรียมความพร้อมก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ Focus-Action-Reflection (FAR) Guide Teaching ตามแนวคิดของ Treagust et al. (1998) และสอดคล้องกับ Treagust and Venville (1996) และ Gafoor and Shilna (2013) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบช่วยให้ครูได้ตระหนักและให้ความสำคัญด้านมโนมติโดยเตรียมความพร้อมก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจต่อการเรียนรู้กับการที่ครูได้นำเสนอสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์เชื่อมโยงสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) กับมโนมติที่ศึกษา (Target) ทำให้เรียนรู้มโนมติที่มีความเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และผลการวิจัยครั้งนี้ยังได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Harrison and Treagust (2006) Çalik, Ayas and Coll (2009) Boonkong (2015) และ Ninlakhot (2012) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามจากการจัดกิจการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบพบว่า มีรายละเอียดมากทำให้นักเรียนบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกิจกรรมได้ในชั่วโมงเรียน และนอกจากนี้สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) บางอย่างที่เป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) : การเกิดสนามแม่เหล็ก กับมโนมติที่ศึกษา (Target) : การเกิดพันธะไอออนิก และสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) : การเกิดไฟฟ้าสถิตย์ กับมโนมติที่ศึกษา (Target) : แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (แรงแผ่กระจายลอนดอน) ไม่ได้เกี่ยวข้องกันในทางทฤษฎีกับมโนมติที่ศึกษา (Target) ดังนั้นแล้ว ครูจึงได้ชี้แจงนักเรียนเพื่อป้องกันนักเรียนเกิดมโนมติคลาดเคลื่อน

2. ผลการเปรียบเทียบการเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีการเสนอตัวแทนความคิดหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการเสนอตัวแทนความคิดก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ไม่สามารถเสนอตัวแทนความคิดได้ หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอตัวแทนความคิดได้ในระดับที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน ที่เป็นเช่นนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์และสามารถทำความเข้าใจมโนมติทางเคมีอย่างเห็นภาพเป็นรูปธรรมได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเสนอตัวแทนความคิดได้ในระดับที่สูงขึ้น และจากการวิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนและพบว่าการที่นักเรียนเสนอตัวแทนความคิดในแต่ละมโนมตินั้นได้ระลึกถึงสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Analog) และเชื่อมโยงกับมโนมติที่ศึกษา (Target) เพื่อสรุปเป็นความเข้าใจของตนเองแล้วจึงถ่ายทอดความเข้าใจนั้นผ่านตัวแทนความคิด ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้นักเรียนเสนอตัวแทนความคิดได้ในระดับที่สูงขึ้น จะเห็นได้ว่าความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์กับการเสนอตัวแทนความคิดมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน สอดคล้อง กับ Kozma and Russell (2005) ที่ได้กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างภาพได้นั้น จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถอธิบายความเข้าใจของตนเองโดยการเสนอผ่านตัวแทนความคิดนั้นได้ และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ โดย Sangkakram (2010) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอตัวแทนความคิดได้หลากหลายและอยู่ในระดับที่สูง และ Srikunha (2014) ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนมติที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับความสามารถที่ส่วนใหญ่สามารถเสนอตัวแทนความคิดในระดับที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบมีรายละเอียดมากในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งต้องใช้เวลามาก ดังนั้นครูผู้สอนควรบริหารเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมให้เหมาะสมตามสภาพบริบทในแต่ละมโนมติ ซึ่งอาจใช้ช่องทางการสื่อสารออนไลน์นอกเวลาเรียนเพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนการทำกิจกรรม แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ รวมทั้งเพิ่มเติมหรือช่วยเหลือนักเรียนในส่วนที่ยังไม่เข้าใจทั้งนี้เพื่อป้องกันการสับสนและนักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อน

1.2 ชี้แจงสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) บางอย่างที่เป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) : การเกิดสนามแม่เหล็ก กับมโนมติ ที่ศึกษา (Target) : การเกิดพันธะไอออนิก และสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) : การเกิดไฟฟ้าสถิตย์ กับมโนมติ ที่ศึกษา (Target) : แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (แรงแผ่กระจายลอนดอน) ไม่ได้เกี่ยวข้องกันในทางทฤษฎีกับมโนมติที่ศึกษา (Target) ทั้งนี้เพื่อป้องกันนักเรียนเกิดมโนมติคลาดเคลื่อน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สร้างสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบในแต่ละมโนมติ ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานของแต่ละกลุ่ม และให้นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น อภิปราย และคัดเลือกสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบที่ดีที่สุด

2.2 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบในขั้นสะท้อน นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและนำเสนอสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ (Analog) ซึ่งทำให้นักเรียนได้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้น ควรใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบเพื่อศึกษาตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนมติและมโนมตินี้จะอยู่ในหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) ของนักเรียนได้ (Calik et al., 2009) ดังนั้น ควรใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบเพื่อศึกษาตัวแปรตามคือ ความคงทนในการเรียนรู้

References

Boonkong, F. (2015). *The Effects of Learning Activities Management Using the Analogy Approach of Learning Management in the Topic of Rates of Chemical Reactions on Scientific Concepts and Scientific Reasoning of Mathayom Suksa V Students at Lam - Phraphloeng Pitthayakhom School in Nakhon Ratchasima Province.* Master of Education Thesis, Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]

Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2009). Investigating the effectiveness of analogy activity in improving students' conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *7*, 651 - 676.

Cetin, P.S., Kaya, E. & Geban, O. (2009). Facilitating conceptual change in gases concepts. *Journal Science Education technology*, *18*, 130 - 137.

Chaowakeratipong, N. (2014). *Science Teaching Management.* Nonthaburi: Department of Education, Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]

Faikhamta, C. (2017). *Media used in the teaching of chemistry*. Nonthaburi: Department of Education, Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]

Faikhamta, C. (2020). Chemistry learning management strategies. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]

Gafoor, K. A., & Shilna, V. (2013). Analogies: A Method to Facilitate Chemistry Learning In Schools. *Journal of Educational Technology and Research.* Retrieve from https://www.researchgate.net/publication/262924156.

Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2006). Teaching and learning with analogies. *Metaphor and analogy in science education. 30*, 11-24.

Jaber, L.Z. & Boujaoude S. (2011). A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, *34*(7), 973-998.

Jitseng, B., Thammaprateep, J. & Chaowakeeratipong, N. (2018). The Effects of Problem Based Learning in the Topic of Chemistry of Life on Learning Achievement and Analytical Thinking Ability of Matthayom Suksa IV Students at Princess Chulabhorn's College, Satun in Satun Province. *STOU education journal. 11*(2), 142-154. [in Thai]

Kaewkram, S. (2020). 10 chemical innovations changed the world. *Journal of the Department of Science Service.* Retrieved from http://siweb1.dss.go.th/dss_doc/dss_doc/show_discription_doc.asp?ID=2230. [in Thai]

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. *Visualization in science education.* London: Kluwer. *1*, 125-130.

Ninlakhot, S. (2012). *A Study of Grade 10 Students' Covalent Bonding Concept Teaching With Analogy.* Master of Education Thesis. Khon Kaen University. *[in Thai]*

Office of the National Economic and Social Development. (2016). *Economic and Social Development Plan National for 12th*. Retrieved from https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=index. [in Thai]

Phenglengdi, B. (2019). Teaching and Learning Chemistry by Applying Three Levels of Thinking. *Kasetsart Educational Review. 33*(2), 145-157. [in Thai]

Sangkakram, S. (2010). *Grade 10 Students' Mental Models of Chemical Bonding by Using Analogy Teaching Approach: Focus-Action-Reflect (FAR) Guide*. Master of Education Thesis. Khon Kaen University. [in Thai]

Srikunha, A. (2014). *The Study on Conception and Representionin Ionic Bond of Grade 10 Students' Using Conceptual Change Approach.* Master of Education Thesis. Khon Kaen University. *[in Thai]*

Taber, K.S. (2011). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*. *57*, 1114–1126.

Treagust, D.F. & Venville, G. J. (1996). The role of analogies in promoting conceptual change in biology. *Instructional Sci. 24*(4), 295-320.

Treagust, D.F. Harrison, A.G. & Venville, G.J. (1998). Teaching Science Effectively With Analogies: An Approach for Preservice and Inservice Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, *9*(2), 85-101.

Wichaidit, P.R. (2018). *Management of Chemistry for 21st Century Learners.* Bangkok: Thammasat University. [in Thai]