



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อส่งเสริม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Multiple Scientific Representations-Based Learning Activity to Enhance Learning Achievement In Stoichiometry For High School Students

ชฎาวรรณ สุขขัมศรี¹, มะยุโซ๊ะ กุโน², และ ชัชฎาภรณ์ พินทอง^{2*}

Chadawan Sukhamsri¹, Mayuso Kuno², and Chatchadaporn Pinthong^{2*}

โรงเรียนเวียงเชียงรุ้งวิทยาคม เชียงราย ประเทศไทย¹, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ ประเทศไทย^{1,2}

Wiangchiangrungs Wittayakom School, Chiang Rai, Thailand¹, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand^{1,2}

Received: July 29, 2022, Revised: May 24, 2023, Accepted: May 25, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 เรื่อง ได้แก่ กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 คน ผ่านการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ใบกิจกรรม แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จากผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีคะแนน 73.53 ± 3.91 และ 55.00 ± 12.44 ตามลำดับ บ่งบอกได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนได้

คำสำคัญ: ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ปริมาณสารสัมพันธ์ กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ สารกำหนดปริมาณ

*Corresponding author. Tel.:

Email address: chatchadaporn@g.swu.ac.th

Abstract

The purposes of this research aimed to develop a multiple scientific representations-based learning activity to enhance high school students' learning achievement of stoichiometry and compare the learning achievement of students who learned with multiple scientific representations (MSRs) and regular learning classrooms (RLCs). The learning activity consists of five topics: the law of conservation of mass, the law of definite proportions, the volume of gas in chemical reactions, and the relationship between the amount of substance in a chemical equation and the limiting reagent. This study was implemented with sixty students and the participants were selected through purposive sampling. The data were collected using worksheets, semi-structured interview and students' achievement test. The results revealed that the students' achievement test after learning with MSRs had a 61.36 percent gain on the posttest over the pretest. In addition, the achievement test between the students who learned with MSR and those who learned with regular learning classrooms (RLCs), showed that students who learned with MSR had significantly higher scores than those who learned through RLC, 73.53 ± 3.91 and 55.00 ± 12.44 , respectively ($p < 0.05$). This result indicated that MSR learning activities can enhance students' understanding of stoichiometric concepts.

Keywords: scientific representations, stoichiometry, the law of conservation of mass, the law of definite proportions, the limiting reagent

■ บทนำ

เคมี คือ ศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร รวมถึงการแปรรูปของสสารและความสัมพันธ์กับพลังงานของสสารด้วยตนเอง หรือความสัมพันธ์ระหว่างสสารกับสิ่งที่ไม่ใช่สสาร การศึกษาในทางเคมีส่วนใหญ่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสสาร และปรากฏการณ์ทางเคมีใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (macroscopic level) เช่น คุณสมบัติที่สังเกตได้จากห้องปฏิบัติการ ระดับจุลภาค (microscopic level) เช่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือโมเลกุล และไอออนในระดับอนุภาค และระดับสัญลักษณ์ (symbolic level) เช่น การใช้สัญลักษณ์อะตอม การใช้ตัวเลข และการจัดกระทำทางพีชคณิต (Johnstone, 2000) หัวใจสำคัญของการศึกษาวิชาเคมีคือปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งเป็นเรื่องที่ใช้ศึกษาทั้งในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เช่น ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีหรือการแก้ปัญหาต่างๆในเคมี ใช้ในการคำนวณปริมาณสารตั้งต้นและทำนายผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ใช้หาปริมาณของแก๊สภายใต้สภาวะที่กำหนด และใช้หาความเข้มข้นของสารละลาย เป็นต้น (Chang, 2008) นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความเห็นว่าปริมาณสารสัมพันธ์เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาวิชาเคมีในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น (Camacho and Good, 1989)

ปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometry) เป็นหนึ่งในพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาวิชาเคมี จึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะต้องเข้าใจแนวคิดสำคัญของปริมาณสารสัมพันธ์ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ถือเป็นเรื่องยากเรื่องหนึ่งในวิชาเคมี (Fach, 2007) จาก 3 เหตุผลหลัก คือ นักเรียนไม่เข้าใจในแนวคิดสำคัญของปริมาณสารสัมพันธ์ ขาดทักษะการแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ในระดับมหภาคไปสู่ระดับจุลภาคได้ จากการศึกษาของ Boujaoude และ Barakat (BouJaoude and Barakat, 2000) พบว่านักเรียนหลายคนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์ได้ และนักเรียนยังขาดทักษะในการเขียนสูตรเคมี การเขียนและดุลสมการเคมี ขาดความเข้าใจในเรื่องโมล มวลโมเลกุล กฎทรงมวล และสารกำหนดปริมาณ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์ได้ อีกทั้งยังมีการศึกษาถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ จากการศึกษา

ของ Huddle และ Pillay (Huddle and Pillay, 1996) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยนักเรียนคิดว่าสารตั้งต้นที่มีปริมาณน้อยกว่า หรือมีจำนวนโมลน้อยกว่าจะเป็นสารที่ใช้หมดก่อน นอกจากนี้นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของกฎทรงมวล เช่น ในปฏิกิริยาเคมีที่มีตะกอนเป็นผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น มวลของสารผลิตภัณฑ์จะมากกว่ามวลของสารตั้งต้น เนื่องจากของแข็งหนักกว่าของเหลว หรือการเกิดปฏิกิริยาการสันดาปในระบบปิดนั้น มวลสารผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื่องจากมวลของของแข็งจะหนักกว่ามวลของแก๊ส (Özmen, Alipasa, and Practice, 2003) ซึ่งหากไม่เข้าใจแนวคิดหรือทฤษฎีหลักแล้วก็จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้ หากไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้จะส่งผลต่อการนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจในสาระสำคัญของแต่ละเรื่องในปริมาณสารสัมพันธ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Staver และ Lumpe (Staver and Lumpe, 1995) กล่าวว่า เนื่องจากวิชาเคมีเป็นศาสตร์ที่ศึกษาในเชิงนามธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในระดับอะตอมและโมเลกุลที่จะต้องมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ บางครั้งการบรรยายอาจยากต่อการทำความเข้าใจ สิ่งที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ดียิ่งขึ้นนั่นคือ ตัวแทนความคิด (representation)

ตัวแทนความคิดมีความสำคัญต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์และครูผู้สอนใช้กราฟ สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ ในการอธิบายและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ในหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มีการใช้ตารางตัวเลข กราฟ แผนภาพ สมการ และรูปภาพ ในการเป็นตัวแทนความคิดเพื่อสื่อความหมายข้อมูล เนื้อหาและปรากฏการณ์ทางเคมีส่วนมากสามารถใช้ตัวแทนความคิดได้ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ในหลายๆ แบบแผนการศึกษา วิชาเคมีมีความเชื่อมโยงกับพฤติกรรมของสารทั้ง 3 ระดับนี้ มีการใช้ตัวแทนความคิดในระดับมหภาคในห้องปฏิบัติการ ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์สามารถใช้เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคกับตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (Hinton and Nakhleh, 1999) ซึ่งการบูรณาการเชื่อมโยงในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์นี้เป็นหัวใจสำคัญในการนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งในวิชาเคมี (Bowen and Bunce, 1997) โดยจากการศึกษาของ Kozma และ Russell พบว่า การใช้ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาเคมี โดยที่ตัวแทนความคิดนั้นช่วยให้นักเรียนเกิดการ บูรณาการเชื่อมโยงความรู้จากระดับจุลภาคไปสู่ระดับสัญลักษณ์และระดับมหภาค (Kozma and Russell, 1997) นอกจากนี้ตัวแทนความคิดยังมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวแทนปรากฏการณ์ เช่น มีการใช้รูปภาพ วัตถุ สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ ในการแทนปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้วจึงใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงสัญลักษณ์ทางเคมีหรือสมการเคมีที่อยู่ในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งมีส่วนช่วยในการอธิบายเนื้อหา ทำนายปรากฏการณ์ และนำไปสู่การสร้างสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ (Gilbert, 2008)

การใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาของ Williamson และ Abraham ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวในการแสดงอนุภาคของสารให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นนั้นสามารถพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีกว่าการสอนแต่เนื้อหาที่เป็นนามธรรมในหนังสือแบบเรียน (Williamson and Abraham, 1995) นอกจากนี้การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น สัญลักษณ์ สมการ แผนภูมิ กราฟ หรือตาราง ยังช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน (Wu and Puntambekar, 2012) บทบาทที่สำคัญอีกประการหนึ่งของตัวแทนความคิดต่อการเรียนการสอนในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ คือ ตัวแทนความคิดสามารถช่วยแก้ปัญหาในทางเคมีได้ เนื่องจากการศึกษาเคมีในระดับจุลภาค เช่น อนุภาค เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การใช้ตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมที่สามารถมองเห็นได้ เช่น สูตรทางเคมีถูกนำไปใช้แสดงแทนโมเลกุลของสารต่างๆ ซึ่งตัวแทนความคิดนี้จะบรรจุค่าข้อมูลในภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และการใช้ตัวแทนความคิด อย่างเหมาะสมจะช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดศักยภาพในการใช้และแปลความหมายตัวแทนความคิด เมื่อนักเรียนเกิดศักยภาพในการใช้ตัวแทนความคิดไม่ว่าจะเป็นตัวแทนความคิดภายใน (internal

representation) หรือตัวแทนความคิดภายนอก (external representation) ในปัญหาต่างๆแล้วจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในปัญหานั้นๆจนเกิดเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้ (Gilbert and Treagust, 2009)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (multiple scientific representation) เป็นการสอนรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดของตนเองเพื่อแสดงออกในสิ่งที่ป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็นกับสิ่งที่ป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็น โดยจากการศึกษาพบว่านักเรียนคิดว่าวิชาเคมียากต่อการเรียนรู้ เพราะต้องใช้ความพยายามในการทำทำความเข้าใจองค์ประกอบต่างๆของสิ่งที่มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ รวมถึงเนื้อหาในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ด้วยซึ่งเป็นเนื้อหาที่ประกอบด้วยแนวคิดที่สำคัญต่อการเข้าใจโมเลกุลในระดับสัญลักษณ์ ระดับจุลภาค และระดับมหภาคของปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมเลกุลในเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการทำความเข้าใจ เชื่อมโยง และใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จึงเหมาะสมกับเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ จากความเป็นมาและรายงานวิจัยที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ผ่านการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจในมตินิของนักเรียนต่อไป

■ จุดประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับการสอนแบบปกติ
- 3) เพื่อวัดความเข้าใจโมเลกุลทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมีใด ๆ จะต้องกำหนดขอบเขตของการศึกษา ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่อยู่ภายในขอบเขตของการศึกษาซึ่งรวมทั้งก่อนการเปลี่ยนแปลงและหลังการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า ระบบ กับส่วนที่อยู่ภายนอกขอบเขตการศึกษา เช่น ภาชนะ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งเรียกว่า สิ่งแวดล้อม การกำหนดว่าระบบจะประกอบด้วยสิ่งใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการศึกษา นอกจากนี้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารจำเป็นต้องระบุสมบัติต่าง ๆ ของระบบ เช่น มวล อุณหภูมิ ปริมาตร ความดัน ถ้าตรวจสอบได้ว่าสมบัติใดของระบบมีการเปลี่ยนแปลงก็ถือว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบ สมบัติของสารและปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของระบบเรียกว่า ภาวะของระบบ

กฎทรงมวล นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2317 (ค.ศ. 1774) อองตวน-โลรอง ลาวัซีเย นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทดลองเผาสารในหลอดที่ปิดสนิทพบว่า มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา จึงตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎทรงมวล อย่างไรก็ตามจากการศึกษาปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ พบว่ามวลของสารในบางปฏิกิริยามีค่าไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาและการควบคุมภาวะของระบบ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดไฮโดรคลอริกได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อกรดไฮโดรคลอริกทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตในภาชนะปิด พบว่ามวลของ

สารก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน แต่เมื่อเกิดปฏิกิริยาในภาชนะเปิด มวลของสารหลังเกิดปฏิกิริยาจะน้อยกว่ามวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนออกไปจากภาชนะได้ แสดงว่ามีการถ่ายเทมวลของระบบกับสิ่งแวดล้อม ระบบที่มีการถ่ายเทมวลกับสิ่งแวดล้อมเรียกว่า ระบบเปิด ส่วนระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลกับสิ่งแวดล้อมเรียกว่า ระบบปิด

กฎสัดส่วนคงที่ โจเซฟ เพราสค์ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาการเตรียมสารประกอบบางชนิด พบว่าสารประกอบชนิดหนึ่งที่เตรียมด้วยวิธีการที่ต่างกัน จะมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบคงที่เสมอ จึงตั้งกฎซึ่งเรียกว่า กฎสัดส่วนคงที่ ตัวอย่างเช่น สารประกอบคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ที่เกิดจากการรวมตัวของทองแดงกับกำมะถัน มีอัตราส่วนโดยมวลเท่ากับ 2:1 ซึ่งเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่

ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี สารประกอบหนึ่งๆเกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปและมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบคงที่เสมอ สำหรับแก๊สซึ่งมีมวลน้อยมาก การวัดมวลของแก๊สทำได้ยากจึงนิยามวัดในหน่วยปริมาตร

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมี สมการเคมีนอกจากจะแสดงให้เห็นว่ามีการเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีแล้ว สมการเคมีที่ดุลแล้วยังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณใดๆของสารในปฏิกิริยาเคมีด้วย จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี ถ้าทราบปริมาณของสารใดสารหนึ่งก็สามารถคำนวณหาปริมาณของสารอื่นได้

สารกำหนดปริมาณ ในการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเคมีในห้องปฏิบัติการหรือในอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมีชนิดต่าง ๆ โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณของสารตั้งต้นมากกว่าสัดส่วนที่ทำปฏิกิริยากันพอดี สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อนสารอื่นเรียกว่า สารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดผลิตภัณฑ์ตามปฏิกิริยาเคมีนั้นได้มากที่สุดเท่าใด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปริมาณผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารกำหนดปริมาณ

ปฏิกิริยาเคมี กระบวนการเปลี่ยนของสารตั้งต้นไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณสารตั้งต้นจะลดลง และปริมาณผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป โดยสามารถเขียนให้เข้าใจง่ายด้วยสมการเคมี ยกตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาของ $\text{Mg (s)} + 2\text{HCl (aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2 \text{ (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$ โดยในปฏิกิริยานี้ จะใช้สารตั้งต้นเป็นโลหะทำปฏิกิริยากับกรดและเกิดผลิตภัณฑ์คือแก๊ส H_2 ติดตามปฏิกิริยาโดยวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ได้นำตัวแทนความคิดมาใช้ประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือสื่อความหมายเพื่อให้แนวคิดนั้นๆมีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น มีการให้คำนิยามและแบ่งประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้ Hilton and Nakhleh (1999) ได้แบ่งประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (macroscopic representation) คือ ตัวแทนความคิดที่ได้มาจากการทดลองหรือสิ่งที่สามารถสังเกตได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น มวลและสีของวัตถุ ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค (microscopic representation) คือ ตัวแทนความคิดของสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น จำนวนอะตอมหรือจำนวนโมเลกุล โครงสร้างอะตอมของสาร หรือทฤษฎีพันธะเคมี เป็นต้น ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ (symbolic representation) คือ ตัวแทนความคิดที่มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ค่าดัชนีต่างๆ สัญลักษณ์อะตอม และการจัดกระทำทางพีชคณิตเกี่ยวกับตัวเลขและสัญลักษณ์ ในการสื่อความหมาย Madden (2011) ให้คำนิยามของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นสิ่งที่ใช้เพื่ออธิบาย สร้างแนวโน้ม สร้างโครงสร้าง สร้างแบบจำลอง หรือเป็นสิ่งที่ใช้สื่อความหมายของแนวคิดระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถมองเห็นได้กับปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แผนภาพ โครงสร้าง สมการพีชคณิต กราฟ ตารางข้อมูล และสมการเคมี เป็นต้น

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ตัวแทนความคิดที่ใช้แทนหรือเป็นตัวอย่างของปรากฏการณ์หรืออธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นเอกลักษณ์ทางความคิดที่เป็นสื่อกลางเพื่ออธิบายหรือสื่อความหมายในสิ่งที่เป็นามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรม หรือสร้างขึ้นมาเพื่อสนับสนุนข้อมูลเพื่อสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง โดย

แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวแทนความคิดในระดับมหภาค ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค และตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ และสามารถแบ่งรูปแบบของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 รูปแบบ คือ ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม ตัวแทนความคิดที่เป็นคำพูด ตัวแทนความคิดที่เป็นสัญลักษณ์ ตัวแทนความคิดเสมือนจริง และตัวแทนความคิดที่เป็นลักษณะท่าทาง ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนมีหลากหลายแนวทาง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในเนื้อหาที่เรียนและกระบวนการเรียนรู้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินว่าผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะตรงตามต้องการมากน้อยแค่ไหนควรตัดสินผ่านการวัดด้วยเครื่องมือวัดทางการศึกษา หนึ่งในเครื่องมือวัดทางการศึกษาที่ใช้วัดความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement test) นักการศึกษาได้ให้ความหมายและแบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้อย่างหลากหลาย ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาที่ได้เรียนรู้มาแล้วว่านักเรียนมีความรู้ ความสามารถเพียงใด เช่น การสอบวัดผลการเรียนรู้ในปัจจุบัน และได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท คือ 1. แบบทดสอบของครูที่สร้างขึ้น โดยเป็นแบบทดสอบประเภทข้อคำถาม ที่ถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เพื่อทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากเพียงใด หรือมีข้อบกพร่องตรงไหนเพื่อที่จะได้นำมาสอนซ่อมเสริม หรือใช้วัดเพื่อดูความพร้อมในการขึ้นบทเรียนใหม่ โดยแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบปรนัย (objective test) ได้แก่ ข้อสอบแบบถูก-ผิด (true-false) แบบทดสอบจับคู่ (matching) แบบทดสอบแบบเติมคำ (completion) แบบทดสอบแบบตอบสั้น (short answer) และแบบเลือกตอบ (multiple choice) และแบบทดสอบแบบอัตนัย (essay tests) ได้แก่ แบบจำกัดคำตอบ (restricted response items) และแบบไม่จำกัดคำตอบหรือตอบอย่างเสรี (extended response items) และ 2. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาหรือจากครูผู้สอนในวิชานั้นๆ และต้องผ่านการทดลองเพื่อหาคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพดีพอจึงจะสร้างเกณฑ์ปกติ (norms) ของแบบทดสอบนั้นได้ โดยแบบทดสอบมาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลในการประเมินการสอนเรื่องใดๆ หรือนำมาใช้วัดอัตราความงอกงามของนักเรียนแต่ละวัย อาจใช้สำหรับให้ครูวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ระหว่างวิชาต่างๆ อีกทั้งยังเป็นมาตรฐานให้แต่ละโรงเรียนได้ดำเนินการสอบแบบเดียวกัน และมีมาตรฐานของการแปลคะแนนด้วย

■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลอง Randomized Control Group Pretest-Posttest Design (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550) โดยมีรูปแบบการวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 1 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
E	T _{1E}	X	T _{2E}
C	T _{1C}	O	T _{2C}

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในแผนกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

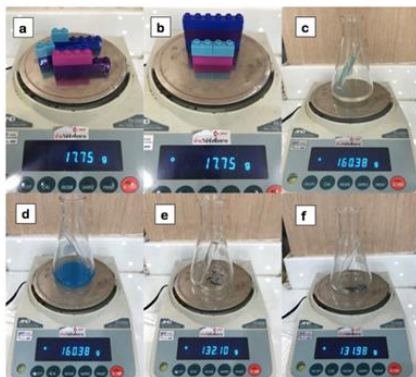
ลำดับที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1-2	แผนกิจกรรมเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เรื่อง ระบบและสิ่งแวดล้อม กฎทรงมวล	2
2	แผนกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่	2
3	แผนกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี	2
3-4	แผนกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี	2
4	แผนกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ	2
รวม		10

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลาคาบละ 50 นาที โดยประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความคิดรวบยอด สารการเรียนรู้แกนกลาง กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล รวมไปถึงสื่อ วัสดุและอุปกรณ์การเรียนรู้ ตัวอย่างแผนกิจกรรมการเรียนรู้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
ระบบและสิ่งแวดล้อม 1	1	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูบอกจุดประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน จากนั้นกระตุ้นความสนใจด้วยการสาธิตปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ง่ายบนเครื่องชั่งสาร โดยแบ่งเป็น 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH ในสถานะเปิดและสถานะปิด และปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย Zn กับ HCl ในสถานะเปิดและสถานะปิด จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และการเปลี่ยนแปลงมวลของสารในสถานะปิดและเปิด ขั้นที่ 2 สืบค้นและจินตนาการ ครูให้นักเรียนได้กำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา และให้นักเรียนวาดภาพแสดงตัวแทนความคิดของตนเองในปฏิกิริยาที่ครูได้สาธิต แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมเพื่อแสดงถึงตำแหน่งของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาในสถานะปิดและเปิดพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระบบปิดและระบบเปิด

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ	กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย
ขั้นที่ 4 ประเมินผล		
ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหา และนำไปใช้กับโจทย์ที่ยากขึ้น		
กฎทรงมวล	1	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ครูบอกจุดประสงค์ในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน จากนั้นเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่ได้สาธิตไปในเรื่องระบบปิดและระบบเปิด คือ ปฏิกริยาระหว่างสารละลาย CuSO_4 กับ NaOH ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด โดยให้นักเรียนต่อตัวต่อแสดงปฏิกริยาดังกล่าว และปฏิกริยาระหว่างสารละลาย Zn กับ HCl ในภาชนะเปิดและภาชนะปิด โดยครูสาธิต จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกเกี่ยวกับมวลของสารก่อนทำปฏิกริยาและมวลของสารหลังทำปฏิกริยา ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ ครูให้นักเรียนได้กำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกริยา และให้นักเรียนวาดภาพแสดงตัวแทนความคิดของตนเองในปฏิกริยาที่ครูได้สาธิต เพื่อแสดงถึงตำแหน่งของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกริยาในภาชนะเปิดและปิดพร้อมทั้งระบุมวลสารด้วย แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง กฎทรงมวล และตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของมวลสารก่อนและหลังทำปฏิกริยา จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับแอนิเมชัน จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎทรงมวลในใจความที่ว่า มวลของสารทั้งหมดก่อนเกิดปฏิกริยาเท่ากับมวลของสารทั้งหมดหลังเกิดปฏิกริยา ขั้นที่ 4 ประเมินผล ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับกฎทรงมวลในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น



แผนการจัดการเรียนรู้

จำนวนคาบ

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง

วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

ตอนที่ 2 วาดภาพตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนร่างแบบจำลองอะตอมเพื่ออธิบายปฏิกิริยาการเกิดน้ำ และเติมข้อความลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

กำหนดให้

1. ดินน้ำมันสีน้ำเงิน 1 ลูก แทน อะตอมของไฮโดรเจน 1 โมเลกุลของ น้ำมีมวล 1 กรัม
2. ดินน้ำมันสีแดง 1 ลูก แทน อะตอมของออกซิเจน 1 โมเลกุลของ น้ำมีมวล 16 กรัม

2.1 กำหนดตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลของปฏิกิริยาการเกิดน้ำ โดยการเกิดน้ำ 1 โมเลกุลเกิดจากดินน้ำมันสีน้ำเงิน 2 ลูก กับ ดินน้ำมันสีแดง 1 ลูก ดังนี้

สมการ: ไฮโดรเจน + ออกซิเจน → น้ำ

สีน้ำเงิน 2 ลูก	สีแดง 1 ลูก	แดง 1 ลูก น้ำเงิน 2 ลูก
มวล.....กรัม	มวล.....กรัม	มวล.....กรัม

อัตราส่วนโดยมวลของ H : O ในน้ำที่ได้นั้น =

อัตราส่วนโดยมวลของ H : O ในน้ำที่ได้นั้น =

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ

ครูบอกจุดประสงค์ในการเรียนรู้แก่นักเรียน จากนั้นสาธิตปรากฏการณ์ให้นักเรียนสังเกต คือ นำน้ำปริมาตร 18 กรัมมาชั่งน้ำหนักและตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตว่าในน้ำ 18 กรัมนี้ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง และแต่ละธาตุมีน้ำหนักเท่าไร แล้วเปลี่ยนเป็นน้ำที่มีน้ำหนักมากขึ้น และตั้งคำถามในประเด็นเดิม ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ

ครูให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิด ซึ่งครูกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนตัวแทนความคิด โดยใช้ดินน้ำมันเป็นแบบจำลองอะตอมแทนธาตุออกซิเจน และธาตุไฮโดรเจน และกำหนดน้ำหนัก จากนั้นให้นักเรียนต่อแบบจำลองการประกอบกันเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ โดยครูกำหนดว่าใช้อะตอมของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนอย่างละกี่อะตอมเพื่อให้ประกอบกันเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ ตามรายละเอียดในแบบบันทึกกิจกรรม แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ถึงอัตราส่วนของมวลแต่ละธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำ แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเอง เพื่อนในกลุ่ม แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎสัดส่วนคงที่ในใจความที่ว่า สารประกอบจะมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบคงที่เสมอ

ขั้นที่ 4 ประเมินผล

ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับกฎสัดส่วนคงที่ในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น

แผนการจัดการ เรียนรู้

สารกำหนดปริมาณ

ตอนที่ 2 การสลับแนวความคิดเพื่อค้นหาปริมาณ

2.1 การทำไอศกรีม

คำชี้แจง

- กำหนดตัวแทนความคิดในการทำไอศกรีมขึ้นคือสมการ
- กำหนดให้ 1 ไอศกรีม ราคา 10 บาท
- ใช้วิธีเขียนสมการเพื่อหาปริมาณไอศกรีม

2

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ

ครูสาธิตปฏิกิริยาระหว่างผงฟู (NaHCO_3) กับน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ในอัตราส่วนต่างๆจากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงหลังเกิดปฏิกิริยาลักษณะเป็นอย่างไร และมีสารตั้งต้นใดเหลือหรือไม่

ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ

ให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิด โดยครูกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนตัวแทนความคิด คือกำหนดสมการการเกิดไอศกรีมโดยให้จำนวนเงินแทนน้ำหนักของสาร และการชงโกโก้ แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนได้เขียนแสดงตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงสารที่เป็นตัวกำหนดปริมาณ

ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน

ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง สารกำหนดปริมาณ โดยเป็นเว็บไซต์ที่แสดงการเกิดแขนวิซ ให้นักเรียนได้ศึกษาร่วมกัน และตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของจำนวนส่วนประกอบที่จะทำให้เกิดแขนวิซแต่ละชิ้น ในการสาธิตนี้จะมีส่วนประกอบทั้งหมด และส่วนประกอบที่เหลือ จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับแอนิเมชัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเอง เพื่อนในกลุ่มและในแอนิเมชันที่ครูได้นำเสนอ แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ แล้วเชื่อมโยงไปสู่สารกำหนดปริมาณในสมการเคมีต่างๆ

ขั้นที่ 4 ประเมินผล

ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ

ครูสาธิตปฏิกิริยาระหว่างผงฟู (NaHCO_3) กับน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ในอัตราส่วนต่างๆจากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงหลังเกิดปฏิกิริยาลักษณะเป็นอย่างไร และมีสารตั้งต้นใดเหลือหรือไม่

ขั้นที่ 2 สำรวจและจินตนาการ

ให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิด โดยครูกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนตัวแทนความคิด คือกำหนดสมการการเกิดไอศกรีมโดยให้จำนวนเงินแทนน้ำหนักของสาร และการชงโกโก้ แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนได้เขียนแสดงตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงสารที่เป็นตัวกำหนดปริมาณ

ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกัน

ครูนำเสนอแอนิเมชันเรื่อง สารกำหนดปริมาณ โดยเป็นเว็บไซต์ที่แสดงการเกิดแขนวิซ ให้นักเรียนได้ศึกษาร่วมกัน และตั้งคำถามให้นักเรียนสังเกตในประเด็นของจำนวนส่วนประกอบที่จะทำให้เกิดแขนวิซแต่ละชิ้น ในการสาธิตนี้จะมีส่วนประกอบทั้งหมด และส่วนประกอบที่เหลือ จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดตัวแทนความคิดของตนเองกับแอนิเมชัน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ครูได้ตั้งคำถามไว้กับเพื่อนภายในกลุ่ม ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างภาพวาดของตนเอง เพื่อนในกลุ่มและในแอนิเมชันที่ครูได้นำเสนอ แล้วให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเลือกตัวแทนความคิดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด และครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ แล้วเชื่อมโยงไปสู่สารกำหนดปริมาณในสมการเคมีต่างๆ

ขั้นที่ 4 ประเมินผล

ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนจากใบกิจกรรมและใบงานของนักเรียนรายบุคคล และมีให้โจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณในระดับง่ายและนำไปใช้กับโจทย์ปัญหาในระดับที่ยากมากขึ้น

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รวมจำนวน 60 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกมาจากกลุ่มห้องเรียนที่มีแผนการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน แล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีจับสลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังนี้

กลุ่มทดลองคือนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จำนวน 30 คน

กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 30 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพมาก่อนหน้านี้ไปใช้ (ชวาวรรณ สุขัมศรี, 2561) โดยสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้การเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน แล้วสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีจับสลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน ทำการทดสอบก่อนเรียน (pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และดำเนินการสอนโดยใช้ระยะเวลาในการสอนจำนวน 10 คาบ ๆ ละ 50 นาที เมื่อสิ้นสุดตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (posttest) นำผลคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ประกอบด้วยแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (20 คะแนน) และ แบบทดสอบวัดความเข้าใจโนมตี วินิจฉัย 2 ระดับ จำนวน 15 ข้อ (60 คะแนน) รวม 80 คะแนน ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระดับความเข้าใจโนมตีของ Haidar (1997) ในแบบทดสอบวัดความเข้าใจโนมตี ซึ่งมีการวัดใน 5 ระดับ คือ ความเข้าใจโนมตีในระดับถูกต้อง และสมบูรณ์ (Sound Understanding : SU) ความเข้าใจโนมตีในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) ความเข้าใจโนมตีบางส่วนและมีมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with a Specific Misconception : PU&MU) มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : MU) และ ความไม่เข้าใจโนมตีทางวิทยาศาสตร์ (No Understanding : NU)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่มีประสิทธิภาพไปใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

1. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ t-test dependent samples
2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ใช้คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples

3. ศึกษาความเข้าใจโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ใช้คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples

■ ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.17 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.51 หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 73.53 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.91 สถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 63.10 ค่าองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 29 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

การทดสอบ	n	คะแนนรวม	$\bar{X}$	S.D	t	df	Sig
หลังเรียน	30	80	73.53	3.91	63.10*	29	.000
ก่อนเรียน	30	80	12.17	3.51			

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติมาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for independent samples พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แผนกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.17 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.51 หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 73.53 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.91 สำหรับนักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแบบปกติพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.87 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.45 ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 55.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.44 เมื่อวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 8.49 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนนรวม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig
			$\bar{X}_1$	S.D	$\bar{X}_2$	S.D		
กลุ่มทดลอง	30	80	12.17	3.51	73.53	3.91	8.49*	.000
กลุ่มควบคุม	30	80	14.87	4.45	55.00	12.44		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

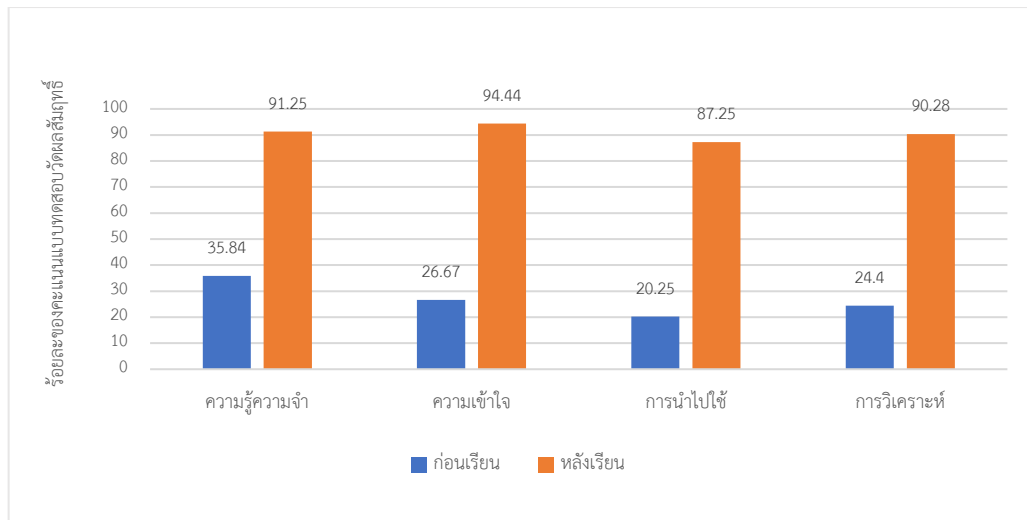
นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กับ นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ มาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for independent samples พบว่า คะแนนโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทน ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.47 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.42 หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่าโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 55.03 และค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 4.60 สำหรับนักเรียนที่ได้รับการจัดการสอนแบบปกติพบว่าคะแนนโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.33 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.02 ส่วนคะแนนโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนพบว่า มีคะแนน เฉลี่ยเท่ากับ 41.77 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.20 เมื่อวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบ t-test ได้เท่ากับ 6.09 มีเลข นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่าคะแนนโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่หลากหลายสูง กว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนโน้มนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณ สารสัมพันธ์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนน	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig
			$\bar{X}_1$	S.D	$\bar{X}_2$	S.D		
กลุ่มทดลอง	30	60	5.47	2.42	55.03	4.60	6.09	.000
กลุ่มควบคุม	30	60	6.33	4.02	41.77	10.20		

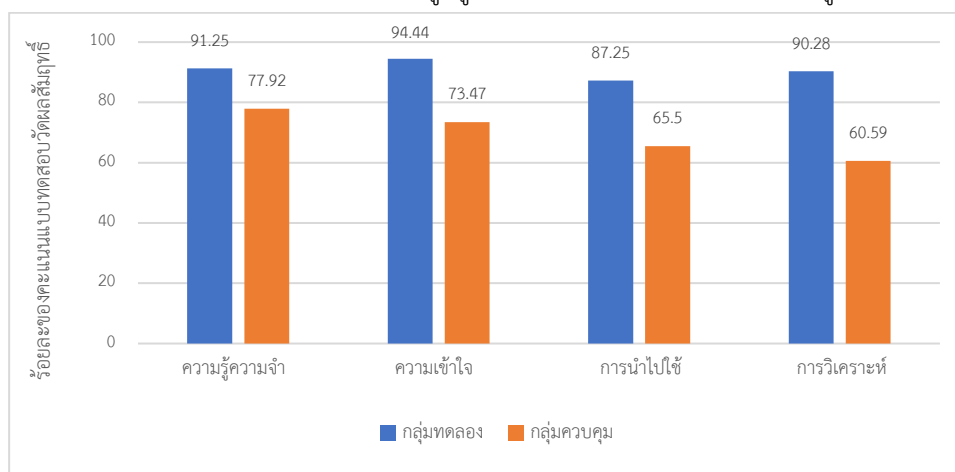
*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อจำแนกร้อยละคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ที่ตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนถูกต้อง ในแต่ละระดับชั้นความสามารถของบลูม ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ พบว่าคะแนนหลังเรียนในทุกระดับสูงขึ้น 2.4-4 เท่าของคะแนนก่อนเรียน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ตอบคำถามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนถูกต้อง ในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูม พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูมสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ของร้อยละของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

อภิปรายผล

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ได้ออกแบบแนวทางในการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของ Mammino (2008) โดยมีการมีการนำรูปภาพมาแสดงเพื่ออธิบายในเนื้อหาต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถจินตนาการในสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ไม่เน้นการสอนบรรยายเพียงอย่างเดียว มีการตั้งคำถามหรือกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงคำตอบด้วยตนเอง และมีการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนว่ามีการใช้ตัวแทนความคิดอย่างถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งมีการสร้างขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการ

จัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดของ Sunyono (2015) ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับ มหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ได้ ซึ่งการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนดังกล่าวทำให้แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หากพิจารณาพื้นฐานความรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากตารางที่ 5 จะเห็นว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติในกลุ่มควบคุม มีคะแนนการทดสอบก่อนเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในกลุ่มทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมมีพื้นฐานความรู้ในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์มากกว่านักเรียนในกลุ่มทดลอง โดยหลังจากนักเรียนในกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น รูปภาพ สิ่งของ ตัวต่อ การปั้นดินน้ำมันเป็นแบบจำลองอะตอม สิ่งเหล่านี้มีความเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถจับต้องได้ และสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน หรือแม้แต่การสาธิตการทดลองทางเคมีที่สามารถสังเกตได้ง่าย สิ่งเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดความเชื่อมโยงในระดับมหภาค ไปสู่ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gilbert (Gilbert & Treagust, 2009) ที่กล่าวว่า ตัวแทนความคิดประเภทแบบจำลอง เป็นตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายสิ่งที่อยู่ในระดับจุลภาค หรือสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายตัวแทนความคิดประเภทปรากฏการณ์ ดังนั้นการแสดงตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมจะช่วยอธิบายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ จึงก่อให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้น ๆ มากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาพบว่า เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่สามารถทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูมนั้น จะเห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมีคะแนนในแต่ละระดับขั้นความสามารถของบลูมสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สามารถอภิปรายได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายนั้น ครูมีการจัดชั้นการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ครูจะกระตุ้นความสนใจด้วยปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น การสาธิตการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ให้นักเรียนได้เห็นความแตกต่างของมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาอย่างชัดเจน และเป็นรูปธรรมช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำในเรื่องของกฎทรงมวลได้ และเข้าใจถึงที่มาของปรากฏการณ์ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลที่นักเรียนในกลุ่มทดลองมีร้อยละของคะแนนในส่วนความรู้ความจำ และความเข้าใจ สูงถึงร้อยละ 91.25 และ 94.44 ตามลำดับ หลังจากนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและจินตนาการ ครูได้ให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมภายในกลุ่ม มีการใช้ตัวแทนความคิดที่นักเรียนได้กำหนดเองเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถแสดงออกมาในรูปแบบของตัวแทนความคิดที่นักเรียนได้สร้างขึ้นแล้ว ครูได้กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนนำตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้นจากความเข้าใจไปใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เป็นโจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ส่งผลให้ร้อยละของคะแนนในด้านการนำไปใช้สูงถึง 87.25% โดยนักเรียนส่วนมากสามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายร่วมกัน ครูได้ให้นักเรียนมีการอภิปรายภายในกลุ่มถึงตัวแทนความคิดที่ได้สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแทนความคิดของแต่ละกลุ่ม และมีการส่งตัวแทนมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถสะท้อนความเข้าใจได้มากขึ้นว่ามีความเข้าใจในโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์หรือไม่ อีกทั้งการร่วมกันอภิปราย การรับฟังแนวคิดที่หลากหลายจากผู้อื่นจะช่วยให้เกิดการร่วมกันวิเคราะห์ แยกแยะประเด็นต่าง ๆ และมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นรูปธรรมได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Ainsworth (2006) โดยตัวแทนความคิดที่เป็นรูปธรรมอาจปรากฏเมื่อมีความต้องการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดหนึ่งระหว่างบุคคล จึงช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อนำไปสังเคราะห์สร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสิ่งใหม่ได้ ดังจะเห็นได้จากในขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์ได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบในขั้นวิเคราะห์ได้ถึงร้อยละ 90.28 เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่านักเรียนในกลุ่มนี้สามารถทำแบบทดสอบได้ในระดับขั้นแรกๆคือ ความรู้ความจำ และความเข้าใจ ได้เป็นส่วนมาก คือร้อยละ 77.92 และ 73.47 ตามลำดับ ในส่วนของขั้นการนำไปใช้ และการวิเคราะห์ นั้น มีร้อยละของนักเรียนที่สามารถทำแบบทดสอบได้น้อยลดหลั่นลงมา เนื่องจากนักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถนำความรู้ หรือประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจจึงสามารถนำไปใช้ได้

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

■ บทสรุปจากการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. เมื่อวิเคราะห์ความเข้าใจในโมเดล เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่ามีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และช่วยส่งเสริมความเข้าใจในโมเดลของนักเรียนได้

■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการวิจัยสำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ดังนี้

1. ครูผู้สอนสามารถนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้กับการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ รวมถึงการเรียนรู้ในเรื่องอื่นๆ ได้ที่มีการเชื่อมโยงปรากฏการณ์เคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เนื่องจากส่งเสริมความเข้าใจในโมเดล สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ เป็นผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น
2. ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ การเลือกใช้ตัวแทนความคิดให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา สามารถอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมได้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ
3. การเลือกใช้ตัวแทนความคิดครูผู้สอนควรเลือกตัวแทนความคิดที่ใกล้ตัว สามารถสังเกตได้ง่าย หรือเป็นตัวแทนความคิดจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน เนื่องจากจะช่วยให้นักเรียนสามารถจินตนาการ เชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

References

- ชฎาวรรณ สุขัมศรี มะยูโซ๊ะ ภูโน และชฎาภรณ์ พินทอง. (2561) การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 17(3), 47-53.
- ชูศรี วงศ์ตันนะ. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 10. นนทบุรี : ไทยเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรดักส์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539) *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A Conceptual Framework for Considering Learning with Multiple Representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183-198.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1988). Theories, Principles and Laws. *Education in Chemistry*, 25(3), 89-92.
- BouJaoude, S., & Barakat, H. (2000). Secondary School Students' Difficulties with Stoichiometry. *School Science Review*, 81(296), 91-98.
- Bowen, C. W., & Bunce, D. M. (1997). Testing for Conceptual Understanding in General Chemistry. *The Chemical Educator*, 2(2), 1-17.
- Camacho, M., & Good, R. (1989). Problem Solving and Chemical Equilibrium: Successful Versus Unsuccessful Performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Chang, R. (2008). *General Chemistry: The Essential Concepts*. Boston: McGraw-Hill.
- Fach, M., de Boer, T. & Parchmann, I., (2007), Results of An Interview Study as Basis for The Development of Stepped Supporting Tools for Stoichiometric Problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 13-31.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 3-24): Springer.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Towards a Coherent Model for Macro, Submicro, And Symbolic Representations in Chemical Education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 333-350): Springer.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of The Conservation of Matter and Related Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 181-197.
- Hinton, M. E., & Nakhleh, M. B. (1999). Students' Microscopic, Macroscopic, and Symbolic Representations of Chemical Reactions. *The Chemical Educator*, 4(5), 158-167.
- Huddle, P., & Pillay, A. (1996). An in-depth Study of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 33(1), 65-77.
- Johnstone, A. H. 2000. Teaching of Chemistry: Logical or Psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968.

- Mammino, L. (2008). Teaching Chemistry with And Without External Representations in Professional Environments with Limited Resources. *In Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 155-185): Springer.
- Özmen, H., Alipaşa, A., & Practice. (2003). Students' difficulties In Understanding of The Conservation of Matter in Open and Closed-System Chemical Reactions. *Chemistry Education Research Practice*, 4(3), 279-290.
- Staver, J. R., & Lumpe, A. T. (1995). Two Investigations of Students' Understanding of The Mole Concept and Its Use in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 177-193.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015). Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure Concepts. *Science Education International*, 26(2).
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The Effects of Computer Animation on The Particulate Mental Models of College Chemistry Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.
- Wu, H.-K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. *Journal of Science Education Technology*, 21(6), 754-767.