

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF LEARNING MANAGEMENT USING SCIENTIFIC REPRESENTATIONS
IN STOICHIOMETRY FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

ชฎาวรรณ สุขัมศรี* มะยูโซะ กุโน และชฎาภรณ์ พิณฑอง

Chadawan Sukhamsri, Mayuso Kuno and Chatchadaporn Pinthong

chadawan.suk@gmail.com, mayuso@g.swu.ac.th and chatchadaporn@g.swu.ac.th

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร 10110
Department of Chemistry Faculty of Science, Srinakharinwirot University,
Bangkok 10110 Thailand

*Corresponding author E-mail: chadawan.suk@gmail.com Tel. 08 5614 8782

(Received: August 20, 2018; Accepted: October 8, 2018)

บทคัดย่อ: งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75 โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยเนื้อหา 5 เรื่อง ได้แก่ กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 75/75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน

คำสำคัญ: การพัฒนา การจัดการเรียนรู้ ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ประสิทธิภาพ ปริมาณสัมพันธ์

Abstract: The purpose of this research was to develop a learning management using scientific representations in stoichiometry for high school students to reach an efficiency criteria ratio (E_1/E_2) of 75/75. The lesson plans were implemented with twenty seven students from one school in Northern Thailand and the participants were selected through purposive sampling. The lesson plans consisted of five topics, including the law of mass conservation, the law of definite proportions, the volume of gas in chemical reactions, the relationship between the amount of a substance in the chemical equation, and the limiting reagent. The data were collected using worksheets and the stoichiometry achievement test. The results revealed that the efficiency of the learning management using scientific representations in stoichiometry was at a higher than standard criteria ratio (75/75), which is equivalent to 91.97/85.83.

In conclusion, the results implied that the efficiency of the learning management using scientific representations in stoichiometry for high school students corresponds with the hypothesis.

Keywords: Development; Learning Management; Scientific Representations; Efficiency; Stoichiometry

1. บทนำ

ปริมาณสัมพันธ์ เป็นหนึ่งในพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาวิชาเคมี จึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะต้องเข้าใจแนวคิดสำคัญของปริมาณสัมพันธ์ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ถือเป็นเรื่องยากเรื่องหนึ่งในวิชาเคมี [1] จากเหตุผลหลัก คือ นักเรียนไม่เข้าใจในแนวคิดสำคัญของปริมาณสัมพันธ์ และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ในระดับมหภาคไปสู่ระดับจุลภาคได้ จากการศึกษาของ Boujaoude และ Barakat [2] พบว่านักเรียนหลายคนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสัมพันธ์ได้ และขาดความเข้าใจในเรื่องโมล มวลโมเลกุล กฎทรงมวล และสารกำหนดปริมาณ อีกทั้งยังมีการศึกษาถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ จากการศึกษาของ Huddle และ Pillay [3] พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสารกำหนดปริมาณ โดยนักเรียนคิดว่าสารตั้งต้นที่มีปริมาณน้อยกว่า หรือมีจำนวนโมลน้อยกว่าจะเป็นสารที่ใช้หมดก่อนเสมอ นอกจากนี้นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของกฎทรงมวล เช่น ในปฏิกิริยาเคมีที่มีตะกอนเป็นผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น มวลของสารผลิตภัณฑ์จะมากกว่ามวลของสารตั้งต้น เนื่องจากนักเรียนใช้ความรู้สึกในการลงความเห็นว่าของแข็งหนักกว่าของเหลว หรือปฏิกิริยาการสันดาปในระบบปิดนั้น มวลสารผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื่องจากมวลของของแข็งจะหนักกว่ามวลของแก๊ส [4] ซึ่งหากไม่เข้าใจแนวคิดหรือทฤษฎีหลักแล้วจะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ทางเคมีได้โดยจะส่งผลต่อเนื่องไปสู่การนำความรู้ที่ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจในสาระสำคัญในปริมาณสัมพันธ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เรื่องปริมาณสัมพันธ์ได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Staver และ Lumpe [5] กล่าวว่า วิชาเคมีเป็นศาสตร์ที่ศึกษาในเชิงนามธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในระดับอะตอมและโมเลกุลที่จะต้องมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ บางครั้งการบรรยายอาจยากต่อการทำความเข้าใจ สิ่งที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ ได้ดียิ่งขึ้นนั่นคือ ตัวแทนความคิด (representation)

การใช้ตัวแทนความคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาของ Williamson และ Abraham [6] ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวแสดงอนุภาคของสสารให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นนั้นสามารถพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีกว่าการสอนแต่เนื้อหาที่เป็นนามธรรมในหนังสือแบบเรียน นอกจากนี้การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น สัญลักษณ์ สมการ แผนภูมิ กราฟ หรือตาราง ยังช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ นักเรียน [7] บทบาทที่สำคัญอีกประการหนึ่งของตัวแทนความคิดต่อการเรียนการสอนในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ คือ ตัวแทนความคิดสามารถช่วยแก้ปัญหาในทางเคมีได้ เนื่องจากการศึกษาเคมีในระดับจุลภาค เช่น อนุภาค เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การใช้ตัวแทนความคิดที่สามารถมองเห็นได้ เช่น สูตรทางเคมีถูกนำไปใช้แสดงแทนโมเลกุลของสารต่างๆ ซึ่งตัวแทนความคิดนี้จะบรรจุค่าข้อมูลในภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และการใช้ตัวแทนความคิดอย่างเหมาะสมจะช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดศักยภาพในการใช้และแปลความหมายตัวแทนความคิดในปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นตัวแทนความคิดภายใน (internal representation) หรือตัวแทนความคิดภายนอก (external representation) จึงส่งผลให้เกิดความเข้าใจในปัญหานั้นๆ จนสามารถแก้ปัญหาได้ [8]

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific representation) เป็นการสอนรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดของตนเองเพื่อแสดงออกในสิ่งที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็นกับสิ่งที่พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็น รวมถึงเนื้อหาในเรื่องปริมาณสัมพันธ์เป็นเนื้อหาที่ประกอบด้วยแนวคิดที่สำคัญต่อการเข้าใจโมเมนต์ในระดับสัญลักษณ์ ระดับจุลภาค และระดับมหภาคของปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจโมเมนต์ในเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการทำความเข้าใจ เชื่อมโยง และใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ จึงเหมาะสมกับเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจโมเมนต์ของนักเรียนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 75/75

3. สมมติฐานของการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัด เชียงราย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน

4.2 ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

4.3.1 กฎทรงมวล

4.3.2 กฎสัดส่วนคงที่

4.3.3 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี

4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

4.3.5 สารกำหนดปริมาณ

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งออกเป็น 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 เรื่อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เรื่อง กฎทรงมวล	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 สารกำหนดปริมาณ	2
รวม	10

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ใบกิจกรรม เรื่อง ระบบและสิ่งแวดล้อม กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี และสารกำหนดปริมาณ ซึ่งประกอบด้วย ตารางบันทึกผลการสังเกต คำถามท้ายกิจกรรม การเรียนรู้ สรุปผลการเรียนรู้ และแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 35 ข้อ แบ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวิวินิจฉัย 2 ระดับ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งแยกตามจุดประสงค์ในแต่ละเรื่อง ได้แก่ 1) กฎทรงมวล จำนวน 8 ข้อ 2) กฎสัดส่วนคงที่ จำนวน 6 ข้อ 3) ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี จำนวน 7 ข้อ 4) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี จำนวน 7 ข้อ และ 5) สารกำหนดปริมาณ จำนวน 7 ข้อ โดยข้อสอบแบบเลือกตอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20-0.60 และมีค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบแบบเลือกตอบเท่ากับ 0.71 สำหรับแบบทดสอบวิวินิจฉัย 2 ระดับ ที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (P_e) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.37 และข้อสอบวิวินิจฉัย 2 ระดับที่คัดเลือกไว้จำนวน 15 ข้อนี้มีค่าความเชื่อมั่น (α) เท่ากับ 0.74

4.5 การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเม็งรายมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ดังนี้

1) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาที่มีปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากงานวิจัยของ Sunyono และคณะ [9] มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (orientation) เป็นขั้นที่ครูบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียน มีการกระตุ้นความสนใจด้วยปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น การสาธิตการทดลองจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน หรือปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย

1.2 ขั้นสำรวจและจินตนาการ (exploration-imagination) มีการนำเข้าสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรมโดยการแสดงปรากฏการณ์ทางเคมีหลายปรากฏการณ์ ผ่านการใช้ตัวแทนความคิด ได้แก่ รูปภาพแทนอะตอมหรือโมเลกุล การใช้ภาพเคลื่อนไหวแสดงพฤติกรรมของแก๊ส หรือการเปรียบเทียบอะตอมหรือโมเลกุลกับสิ่งของในชีวิตประจำวัน และมีการใช้คำถามถาม-ตอบ กับนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้เกิดมโนคติ

1.3 ขั้นอภิปรายร่วมกัน (internalization) ให้นักเรียนมีการแบ่งกลุ่ม อภิปรายภายในกลุ่ม โดยครูชี้แนะและอภิปรายร่วมกับนักเรียนจากการที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอและให้แบบฝึกหัดนักเรียนรายบุคคลเพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจ

1.4 ขั้นประเมินผล (evaluation) มีการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนโดยประเมินผลจากใบงานของนักเรียน และการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ที่ผ่านการประเมินความสอดคล้องด้านจุดประสงค์ เนื้อหา กระบวนการ และคำถามท้ายการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนเพื่อหาคุณภาพ

3) ทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน โดยทำการเลือกแบบเจาะจงมา 1 ห้องเรียน แล้วสุ่มนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 ที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มสูง จำนวน 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มปานกลาง จำนวน 1 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ จำนวน 1 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรม เนื้อหา และภาษาที่ใช้ โดยมีการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ พบว่าการใช้ภาษาในข้อคำถามบางข้อยังสร้างความสับสนให้แก่ นักเรียน บางข้อมีข้อคำถามยาวเกินไป จากนั้นจึงนำมาปรับปรุงแก้ไข

4) ทดลองกับนักเรียนจำนวน 9 คน โดยทำการสุ่มจากนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 ที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มสูง จำนวน 3 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มปานกลาง จำนวน 3 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของระยะเวลาของกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริง ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และแนวโน้มของคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียน โดยมีการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยพบว่าระยะเวลาที่มีความเหมาะสม สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ครบถ้วนตามสภาพการจัดการเรียนการสอนจริง และนักเรียนส่วนมากสามารถตอบข้อคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ได้

5) ทดลองกับนักเรียนจำนวน 15 คน โดยทำการสุ่มจากนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 ที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มสูง จำนวน 5 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มปานกลาง จำนวน 5 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ จำนวน 5 คน แล้วนำมาหาแนวโน้มของประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 75/75 โดยใช้แบบฝึกหัดในใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ เป็นเครื่องมือวัด โดยค่า E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำใบกิจกรรมท้ายการเรียนรู้ ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 75% และ E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ในแต่ละเรื่องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 75% จากนั้นนำมาพิจารณาข้อมูลของ E_1 และ E_2 ถ้าถึงเกณฑ์ 75/75 ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

5. ผลการวิจัย

ตารางที่ 2 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 1 กฎทรงมวล

จำนวนนักเรียน	ใบกิจกรรมที่ 1 และ 2			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง กฎทรงมวล			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_1)	S.D	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_2)	S.D	
15	60	54.93	2.05	17	15.93	1.28	91.56/93.73

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 1 กฎทรงมวล มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.56/93.73

ตารางที่ 3 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 2 กฎสัดส่วนคงที่

จำนวนนักเรียน	ใบกิจกรรมที่ 3			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง กฎสัดส่วนคงที่			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_1)	S.D	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_2)	S.D	
15	40	39.13	0.92	15	13.20	1.32	97.83/88.00

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 2 กฎสัดส่วนคงที่ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 97.83/88.00

ตารางที่ 4 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 3 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี

จำนวนนักเรียน	ใบกิจกรรมที่ 4			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_1)	S.D	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_2)	S.D	
15	30	28.93	1.62	16	14.60	1.59	96.44/91.25

จากตารางที่ 4 สามารถวิเคราะห์ได้ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 3 ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 96.44/91.25

ตารางที่ 5 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี

จำนวนนักเรียน	ใบกิจกรรมที่ 5			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_1)	S.D	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_2)	S.D	
15	40	32.87	2.75	16	12.13	2.72	82.17/75.83

จากตารางที่ 5 การวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.17/75.83

ตารางที่ 6 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 5 สารกำหนดปริมาณ

จำนวนนักเรียน	ใบกิจกรรมที่ 6			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง สารกำหนดปริมาณ			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_1)	S.D	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_2)	S.D	
15	60	55.67	4.53	16	14.67	1.45	92.78/91.67

จากตารางที่ 6 ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 5 สารกำหนดปริมาณ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 92.78/91.67

ตารางที่ 7 การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวนนักเรียน	ใบกิจกรรม			แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_1)	S.D	คะแนนเต็ม	\bar{X} (E_2)	S.D	
15	230	211.53	2.55	80	68.67	3.77	91.97/85.83

จากตารางที่ 7 ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์แล้วพบว่า มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน เนื่องจากเหตุผลหลายประการ ดังนี้

6.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ออกแบบการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และได้ดำเนินการออกแบบแนวทางในการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของ Williamson และ Abraham [6] โดยมีการใช้ภาพเคลื่อนไหว รูปภาพ มาแสดงเพื่ออธิบายในเนื้อหาต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถจินตนาการในสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ไม่จัดการเรียนการสอนโดยการบรรยายบนกระดานเพียงอย่างเดียว มีการตั้งคำถามหรือกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงคำตอบด้วยตนเอง และมีการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนว่ามีการใช้ตัวแทนความคิดอย่างถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งมีการสร้างขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดของ Sunyono [9] ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางเคมีทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ จากผลคะแนนของผู้เรียนให้ประสิทธิภาพระหว่างเรียน และหลังเรียน (E_1/E_2) เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสีพร ธรรมนาม [10] ที่ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยมีการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่วัดค่าประสิทธิภาพ E_1 จากคะแนนใบงานการทดลองระหว่างเรียน และวัดค่าประสิทธิภาพ E_2 จากแบบทดสอบหลังเรียน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2)

6.2 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้มีการตรวจสอบความถูกต้อง และผ่านการแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและกรรมการควบคุมปริญญาบัตร อีกทั้งได้ผ่านการประเมินคุณภาพ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นได้มีการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน นักเรียนกลุ่มกลาง จำนวน 9 คน และนักเรียนกลุ่มใหญ่ จำนวน 15 คน เพื่อหาแนวโน้มของประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรุจิรา บุญเลิศ [11] ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งนำไปทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องมือจากนักเรียนกลุ่ม 3 คน กลุ่ม 9 คน และกลุ่ม 15 คน โดยพบว่าให้ประสิทธิภาพเท่ากับ 83.17/81.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

6.3 การอภิปรายค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 91.97/85.83 ซึ่งมากกว่า 75/75 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถทำคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน หากพิจารณาค่า E_1/E_2 แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องที่ 1 กฎทรงมวล ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพ E_2 สูง นั้นสามารถอภิปรายได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องที่ 1 กฎทรงมวล มีข้อคำถามจัดอยู่ในระดับขั้นความสามารถขั้นแรกของบลูม คือ ขั้นความรู้ความจำ ดังนั้นนักเรียนจึงสามารถตอบข้อคำถามในเรื่องนี้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนมาก ในส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี จะเห็นว่ามีค่า E_2 ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับแผนการจัดการเรียนรู้อื่นๆ เนื่องมาจากข้อสอบในเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ในช่วง 0.22 ถึง 0.21 ซึ่งหมายถึงข้อสอบมีความยาก [12] จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าน้อย

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ การเลือกใช้ตัวแทนความคิดควรเลือกให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา สามารถนำมาอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมได้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

7.2 การเลือกใช้ตัวแทนความคิดครูผู้สอนควรเลือกตัวแทนความคิดที่ใกล้ตัว สามารถสังเกตได้ง่าย หรือเป็นตัวแทนความคิดจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน เนื่องจากจะช่วยให้นักเรียนสามารถจินตนาการ เชื่อมโยงตัวแทนความคิดกับเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

7.3 งานวิจัยนี้เป็นการทดลองแบบ one group pre-test post-test ดังนั้นการวิจัยในครั้งต่อไปควรทำการวิจัยแบบ true experiment ควรมีกกลุ่มควบคุมเพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Cain, L. 1986. S' Mores-demonstration of stoichiometry relationships. *Journal of Chemical Education*, 63(12), p. 1048-1049.
- [2] Boujaude, S. and Barakat, H. 2000. Secondary School Students' Difficulties in Stoichiometry. *School Science Review*, 81(296), p. 91-98.
- [3] Huddle, P. A. and Pillay, A. E. 1996. An In-Depth of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), p. 65-77.
- [4] Ozmen, H. and Ayas, A. 2003. Students' Difficulties in Understanding of The Conservation of Matter in Open and Closed-System Chemical Reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(3), p. 279-290.
- [5] Staver, J. R. and 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, p. 177-193.
- [6] Williamson, V. M. and 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), p. 521-534.
- [7] Wu, H. K. And Puntambekar, S. 2012. Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), p. 754-767.
- [8] Gilbert, J. K. and Treagust, D. F. 2009. *Multiple Representations in Chemical Education*, Dordrecht: Springer.
- [9] Sunyono, L., Yuanita, M. and Ibrahim. 2015. Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure. *Science Education International*, 26(2), p. 104-125.
- [10] Trummanam, S., Mano, K. and Supavarasuwat, P. 2017. The Development of a STEM Learning Management System on Sources of Solar Energy and Its Application for The Learning Area of Careers and Technology for Mattayom Suksa 3 Students. *Journal of Industrial Education*, 16(3), p. 38-44.
- [11] Boonlert, S. and Kuno, M. 2014. Development of a Virtual Laboratory for Acid-base Solution for Mathayomsuksa I Students. *Journal of Education Graduate Studies Research*, 8(2), p. 199-207.
- [12] Whitney, D. R. and Sabers, D. L. 1970. *Improving Essay Examinations III: Use of Item Analysis*, Iowa: University of Iowa.