

การพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมี

The Development of 11th Grade Students' Cross 3 Levels of Chemical Conception

Using Model Based Learning on Chemical Equilibrium

อภิวรรณ สุวรรณโชติ (Apiwan Suwannachot)* ดร.เอกรัตน์ ทานาค (Dr.Akarat Tanak)**

ดร.สุธาสิณี กิตยาการ (Dr.Sutasinee Kityakarn)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงระดับแนวคิดทางเคมีของนักเรียนในเรื่องสมดุลเคมี โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับ โดยกลุ่มที่ศึกษาได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้คือ ใบงานในชั้นขยายแบบจำลองของนักเรียน ประกอบด้วย 6 แนวคิดหลักคือ ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุลไดนามิก ค่าคงที่สมดุล ผลของความเข้มข้น ความดัน และอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล วิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มรูปแบบการเชื่อมโยงแนวคิดพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 53 เชื่อมโยงแนวคิดไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ มีเพียงนักเรียนร้อยละ 3 ที่เชื่อมโยงแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองทางความคิด โดยใช้แบบจำลองที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลทำให้การเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับในแต่ละเนื้อหาแตกต่างกัน

ABSTRACT

This research aimed to study students' cross level of chemical conception using model-based learning on chemical equilibrium emphasizing on three levels of conceptions. The participants of this study were 30 eleventh grade students at a secondary school in Bangkok. The instrument is work sheets provided in the elaboration stage of model based learning. It covered 6 principle concepts including, reversible reaction, dynamic equilibrium, equilibrium constant, effect of concentration, pressure and temperature on equilibrium. The data were analyzed by categorizing the cross level patterns of conception. The finding has shown that, the majority of students, 53%, can link macroscopic phenomena to concept in microscopic and symbolic level and 3% of students cannot link the concept to any level. Furthermore, providing activity that allow students to evaluate conceptual models by using model that demonstrate molecular changes is important factor resulting in different levels of linkage in all 3 levels of content.

คำสำคัญ: ระดับแนวคิดทางเคมี สมดุลเคมี การแบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้

Keywords: Three conceptual levels of chemistry, Chemical equilibrium, Model-based learning

*นิสิต หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

แนวคิดเรื่องสมมูลเคมี มีความเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันอย่างมาก หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัวที่เราพบเห็นอยู่เป็นประจำ เช่น กระบวนการทำน้ำอัดลม ซึ่งใช้หลักแนวคิดสมมูลเคมี โดยใช้การเปลี่ยนแปลงความดันช่วยในกระบวนการผลิตเพื่อให้แก๊สละลายในน้ำได้ และปรากฏการณ์การเกิดหินงอกหินย้อย แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่านักเรียนจำนวนมากที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดสมมูลเคมี (เขาวเรศ, 2550) สาเหตุสำคัญที่ทำให้นักเรียนประสบปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิด และทำให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนมีหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นธรรมชาติของแนวคิดเรื่องสมมูลเคมี ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม โดยเฉพาะเรื่องสมมูลโคโนนามิก ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ไม่สามารถสังเกตได้ ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน (Voska et al., 1999) การเรียนโดยใช้สัญลักษณ์ในการทำความเข้าใจในระดับจุลภาค (Gabel, 1998) ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็น หรือสัมผัสได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดได้ยาก ซึ่งการเรียนรู้อัตนึ่งคือการเชื่อมโยงความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน (Treagust, 2003)

งานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับคือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ การใช้คำอธิบายในแต่ละระดับที่มีความสัมพันธ์กัน จะช่วยเพิ่มความเข้าใจแนวคิดที่และช่วยให้เกิดความเชื่อมโยงแนวคิด ซึ่งจะนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ได้ (Wilensky, 2002) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของชัยยนต์ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ จากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์จากไม่มีแนวคิดเรื่องสมมูลเคมี และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในบางแนวคิดเพิ่มขึ้นเป็นมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่า การพัฒนาการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิชาเคมีอย่างลึกซึ้ง ควรศึกษาปรากฏการณ์ของสสารในระดับอะตอมหรือโมเลกุล และสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจได้ทั้ง 3 ระดับ (ชาติรี, 2551)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเพื่อพัฒนาแนวคิดและแบบจำลองทางความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงเป็นประเด็นที่นักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจ เนื่องจากแบบจำลองจะช่วยให้สามารถการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert, Boulter and Rutherford, 1998 อ้างใน ชาติรี (2557)) เช่น อนุพงษ์ (2560) ได้พัฒนาแบบจำลองทางความคิดในเรื่องสมมูลเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาระดับแนวคิดทางเคมีใน 3 ระดับได้ดี แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้ในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ยังมีปรากฏน้อยมาก และการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนส่วนใหญ่ มักจะตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ได้ศึกษาการเชื่อมโยงระดับแนวคิดของนักเรียน

ด้วยสาเหตุที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเชื่อมโยงระดับแนวคิดของผู้เรียนในเรื่องสมมูลเคมี โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีลักษณะสำคัญคือเน้นการเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับ ประกอบด้วย 4 ชั้น ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง การคิดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และการขยายแบบจำลอง การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สามารถเชื่อมโยงแนวคิดในระดับต่าง ๆ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับในเรื่องสมดุลเคมี

วิธีการวิจัย

แผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) ซึ่งผู้วิจัยมีบทบาทเป็นนักคิดฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในระดับมัธยมศึกษา ดำเนินการโดยใช้กรอบแนวคิดและหลักการของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในเรียนของ Kemmis and McTaggart (1998) ซึ่งเป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้จากวงจรแรก และเริ่มวงจรใหม่ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แนวปฏิบัติที่ดี โดยแต่ละวงจรมีขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยจำนวนทั้งหมด 6 วงจร ตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นการเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน ในเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุลไดนามิก ค่าคงที่สมดุล ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล โดยขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้อิงกรอบแนวคิดของ Rea-Ramirez, Clement and Nunez-Ovedo (2008) ซึ่งเป็นการจัดการการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง (Generating model) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) และการขยายแบบจำลอง (Elaborating model) และเน้นการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับเข้าไปในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ผู้เรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค เช่น การทำการทดลองที่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายในระดับจุลภาค เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการเกิดปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคหรือในระดับอนุภาค

2. การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) ผู้เรียนประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น โดยกิจกรรมที่ใช้แบบจำลองเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาค เช่น การใช้ลูกปัดแทนโมเลกุลของสารที่เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ เพื่อประเมินแบบจำลองว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้เพียงใด และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ออกมาในรูปของสัญลักษณ์

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองหลังจากการประเมินแบบจำลอง จนกระทั่งแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง และอาจมีการบูรณาการความรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น เพื่อแลกเปลี่ยนความคิด จะทำให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไข จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดแล้ว มาทำนายปรากฏการณ์อื่นที่บริบทใกล้เคียงกัน ในใบงานเป็นรายบุคคล เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเลือกกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจงจากห้องเรียนที่ผู้วิจัยมีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมเคมี 3 เรื่องสมดุลเคมี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนโครงการห้องพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชายจำนวน 19 คนและนักเรียนหญิงจำนวน 11 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 30 คน

วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับ รูปแบบการจัดกิจกรรมเริ่มต้นจากขั้นการสร้างแบบจำลองที่กำหนดสถานการณ์ที่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคเพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมรูปแบบต่างๆ และตัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ และสุดท้ายในขั้นขยายแบบจำลองผู้วิจัยให้นักเรียนทำใบงานที่มีการกำหนดสถานการณ์อีกหนึ่งสถานการณ์ในระดับมหภาค และให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ โดยมีลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด แบบเขียนอธิบายเหตุผล และวาดรูปในระดับจุลภาค ซึ่งเก็บรวบรวมในทุกแผนการเรียนรู้อบรมทั้งสิ้น 6 เรื่อง ใบงานที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลดังกล่าวมีการหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูประจำการ สอนวิชาเพิ่มเติมเคมี 3 ในโรงเรียนที่มีประสบการณ์ในการสอน 2 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและภาษาที่ใช้เพื่อปรับแก้ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา หลังจากการจัดการเรียนรู้แต่ละแนวคิด ผู้วิจัยนำใบงานของนักเรียนมาวิเคราะห์ และจัดกลุ่มการเชื่อมโยงระดับแนวคิดทางเคมีของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากใบงานในขั้นขยายแบบจำลองของนักเรียนมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์และจัดกลุ่มการเชื่อมโยงระดับแนวคิดตามระดับของปรากฏการณ์ทางเคมีของ Johnstone (1998) คือ 1) ระดับมหภาค (Macroscopic level) 2) ระดับจุลภาค (Microscopic level) และ 3) ระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) โดยงานวิจัยนี้แบ่งระดับแนวคิดและการแบ่งกลุ่มการเชื่อมโยงระดับแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1) กลุ่มเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ (Microscopic and Symbolic, MIC-SYM) คือ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับมหภาคโดยใช้แนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง และสอดคล้องกัน

2) กลุ่มเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ถูกต้องบางส่วน (Microscopic and Symbolic partial, MIC-SYM partial) คือ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับมหภาคโดยใช้แนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง แต่แนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ไม่สอดคล้องกัน

3) กลุ่มเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง (Microscopic or Symbolic, MIC/SYM) คือ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับมหภาคโดยใช้แนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง เพียงระดับใดระดับหนึ่ง

4) กลุ่มเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ไม่สอดคล้องกัน (None Microscopic and Symbolic, NO) คือ ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับมหภาคโดยใช้แนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้ทั้งสองระดับ

ผลการวิจัย

การใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับ ที่ผู้วิจัยใช้ในการปฏิบัติการสอนในครั้งนี้เริ่มต้นด้วยการใช้สถานการณ์ในระดับมหภาคมากระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิด ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดในระดับสัญลักษณ์และจุลภาค จากนั้นกำหนดสถานการณ์อีกหนึ่งสถานการณ์ในชั้นขยายแบบจำลองเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับ โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระดับแนวคิดดังกล่าวที่ได้จากใบงานในชั้นขยายแบบจำลองของนักเรียน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Number and percentages of student on chemical equilibrium concept

Concept	Number (percentages) of student			
	MIC-SYM*	MIC-SYM partial*	MIC/SYM*	NO*
Reversible reaction	9 (30%)	6 (20%)	12 (40%)	3 (10%)
Dynamic equilibrium	1 (3%)	14 (47%)	13 (43%)	2 (7%)
Chemical constant	27 (90%)	0 (0%)	3 (10%)	0 (0%)
Effect of concentration on equilibrium	23 (77%)	2 (7%)	5 (17%)	0 (0%)
Effect of pressure on equilibrium	15 (50%)	4 (13%)	11 (37%)	0 (0%)
Effect of temperature on Equilibrium	21 (70%)	4 (13%)	5 (17%)	0 (0%)
Average (%)	53%	17%	27%	3%

* MIC-SYM = Microscopic and Symbolic, MIC-SYM partial = Microscopic and Symbolic partial, MIC/SYM = Microscopic or Symbolic, NO = None Microscopic and Symbolic

จากตารางที่ 1 แสดงจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีการเชื่อมโยงแนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ในเรื่องสมดุลเคมีแต่ละแผนการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งแผนการเรียนรู้ตามแนวคิดย่อยจำนวน 6 แนวคิด ประกอบด้วยแนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุลไดนามิก ค่าคงที่สมดุล ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในใบงานในชั้นขยายแบบจำลองพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 53 เชื่อมโยงแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีจากสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ รองลงมา คือ นักเรียนร้อยละ 27 เชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังระดับ

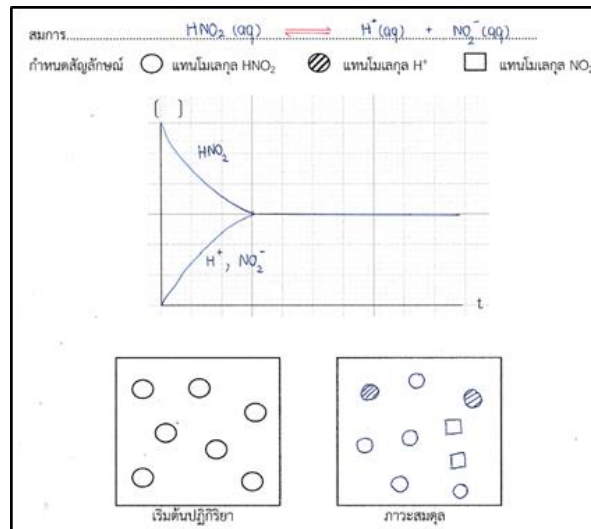
จุลภาค หรือระดับสัญลักษณ์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง และนักเรียนร้อยละ 17 เชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้แต่ถูกต้องบางส่วน และมีเพียงนักเรียนร้อยละ 3 ที่เชื่อมโยงแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด จากการวิเคราะห์การเชื่อมโยงแนวคิดแต่ละระดับของนักเรียนร่วมกับรูปแบบการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนในเชิงคุณภาพ พบข้อค้นพบดังนี้

1. นักเรียนเชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคกับแนวคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้และถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนการประเมินแบบจำลองที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลและเชื่อมโยงกับสัญลักษณ์ทางเคมี

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแนวคิดค่าคงที่สมดุล ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล นักเรียนอธิบายแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้และเชื่อมโยงสองระดับได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีการจัดการเรียนรู้ในขั้นประเมินแบบจำลองที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ (Hands-on activity) ที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุล เช่น แนวคิดค่าคงที่สมดุล หลังจากที่นักเรียนสร้างแบบจำลองในระดับจุลภาคของระบบที่มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นเมื่อเริ่มปฏิกิริยาไม่เท่ากัน แล้วทำกิจกรรมเพื่อประเมินแบบจำลองโดยใช้ลูกปัดเป็นแบบจำลองแทนอนุภาคของสารในระบบ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งเป็นฝั่งสารตั้งต้น และฝั่งสารผลิตภัณฑ์ แลกลูกปัดที่มีอยู่ตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีจำนวนลูกปัดตอนเริ่มต้นต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนนำจำนวนลูกปัดที่ภาวะสมดุลมารวมกันทุกกลุ่ม ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบกับกรทดลองที่ความเข้มข้นต่างกัน แล้วให้นักเรียนช่วยกันหาความสัมพันธ์ของสารที่ภาวะสมดุลในแต่ละกรทดลอง ทำให้ได้ความสัมพันธ์เป็นค่าคงที่สมดุล จากกิจกรรมทำให้นักเรียนได้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคชัดเจน และได้ความสัมพันธ์ของค่าคงที่สมดุล จากกิจกรรมที่สอดคล้องกับวิธีการสร้างองค์ความรู้เรื่องค่าคงที่สมดุลของนักวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนเชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคกับแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่สอดคล้องกัน ในขั้นตอนการประเมินแบบจำลองโดยการสาธิตกิจกรรมเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริงแต่ไม่ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาค

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแนวคิดภาวะสมดุลไดนามิก นักเรียนอธิบายแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ แต่ยังไม่สอดคล้องกัน ซึ่งแนวคิดภาวะสมดุลไดนามิก มีการจัดการเรียนรู้โดยการสาธิตกิจกรรมเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริง แต่ไม่เห็นเป็นอนุภาคของสาร ในขั้นตอนการประเมินแบบจำลอง ผู้วิจัยใช้บีกเกอร์ขนาดต่างกัน 2 บีกเกอร์ตักน้ำในภาชนะขนาดใหญ่ 2 ภาชนะขนาดเท่ากันแต่ระดับน้ำเริ่มต้นต่างกัน แลกเปลี่ยนกันไปมาจนกระทั่งระดับน้ำในภาชนะขนาดใหญ่ทั้งสองใบคงที่ โดยระหว่างการตักน้ำ นักเรียนจะต้องจดบันทึกข้อมูลระดับน้ำในภาชนะขนาดใหญ่แทนความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในระบบ เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับเวลา ซึ่งจากการวิเคราะห์ใบงานเรื่องภาวะสมดุลไดนามิก พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคได้ถูกต้อง ว่าที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารในระบบคงที่ แต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาตลอดเวลา จากการเปรียบเทียบกับกรตักน้ำสลับไปมาแต่ระดับน้ำในภาชนะคงที่ และสามารถวาดกราฟได้ถูกต้อง แต่นักเรียนส่วนใหญ่วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ไม่สัมพันธ์กับการวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค เช่น ในระดับจุลภาคนักเรียนวาดโมเลกุลของสารตั้งต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ แต่วาดกราฟความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่ภาวะสมดุลเท่ากัน (ภาพที่ 1) ทำให้แนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ไม่สอดคล้องกัน



ภาพที่ 1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่เชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคกับแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่สอดคล้องกัน ในแนวคิดภาวะสมดุลไดนามิก

3. นักเรียนเชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคกับแนวคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ถูกต้องเพียงระดับใดระดับหนึ่ง ในขั้นตอนการประเมินแบบจำลองที่ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า แนวคิดปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ซึ่งเป็นแนวคิดที่นักเรียนทำการทดลองเพื่อประเมินแบบจำลอง ทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพได้แก่ สี แต่ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค ซึ่งจากใบงานพบว่านักเรียนส่วนใหญ่อธิบายแนวคิดในระดับสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง แต่อธิบายแนวคิดในระดับจุลภาคไม่ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนประเมินแบบจำลองโดยทำการทดลองปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต (CuSO_4) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ทำให้นักเรียนได้เห็นปฏิกิริยาที่สามารถย้อนกลับได้ชัดเจนจากการเปลี่ยนสีของสารละลาย ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค แต่นักเรียนไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับในระดับโมเลกุล จึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดจึงมีทั้งสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เหลือในระบบและไม่เข้าใจการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับในระดับจุลภาค

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังแนวคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ได้ มีเพียงร้อยละ 3 ของนักเรียนเท่านั้น ที่ไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Harrison (2005) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการเปรียบเทียบที่หลากหลาย ช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจเหตุการณ์ที่เป็นนามธรรมได้ดี โดยเฉพาะแนวคิดในระดับจุลภาคเรื่องสมดุลไดนามิกซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรม เป็นสิ่งที่ยากต่อการเข้าใจการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยแนวคิดในระดับมหภาคเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ชัยยนต์ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี จากการศึกษาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ เนื่องจากการใช้แบบจำลอง จะช่วยให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคได้ดียิ่งขึ้น และทำให้สามารถเชื่อมโยงกับระดับมหภาคได้ถูกต้อง (Treagust, 2003)

นอกจากนี้ยังพบว่า การกิจกรรมที่ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองที่ตนเองแสดงออกให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคกับระดับสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น สมการ กราฟ เป็นต้น สามารถส่งเสริมการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับได้ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 53 สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีจากสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ถูกต้องและสอดคล้องกัน โดยเห็นได้ชัดจากแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องค่าคงที่สมดุล ผลของความเข้มข้นต่อภาวะสมดุล ผลของความดันต่อภาวะสมดุล และผลของอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล ทั้งนี้เนื่องจาก หลังจากที่นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ผู้วิจัยให้นักเรียนประเมินแบบจำลองดังกล่าวโดยให้ปฏิบัติกิจกรรมที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค เพื่อเชื่อมโยงกับระดับมหภาคและให้นักเรียนเขียนสรุปการเปลี่ยนแปลงโดยใช้สมการเคมี หรือกราฟซึ่งเป็นการเชื่อมโยงแนวคิดในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งการพัฒนาแนวคิดทั้ง 3 ระดับคือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ควบคู่กันจะช่วยสร้างตัวแทนความคิดภายใน ที่จะเพิ่มความเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น (Chandrasegaran, 2007; Johnstone, 1998; Kamariah, 2017)

อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 27 เชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาค หรือระดับสัญลักษณ์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง และนักเรียนร้อยละ 17 เชื่อมโยงสถานการณ์ในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ได้แต่ถูกต้องบางส่วน ในการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองที่ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉัตรฤต และคณะ (2554) ที่กล่าวว่า เนื้อหาเคมีเป็นวิชาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เกี่ยวข้องกับระดับจุลภาคค่อนข้างมาก ซึ่งปรากฏการณ์ที่นักเรียนเจอเป็นระดับมหภาค จึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดในระดับจุลภาค จึงไม่สามารถเชื่อมโยงกับแนวคิดในระดับมหภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้สถานการณ์ในระดับมหภาค ซึ่งเป็นปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่นักเรียนรู้จัก เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้แนวคิดในระดับจุลภาค ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรจึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ เช่นนั้นยังไม่เพียงพอ แบบจำลองสมดุลเคมีที่นักเรียนสร้างขึ้นควรเป็นแบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหวได้ดีเพื่อให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ดังนั้นในการทำการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยขอเสนอแนะให้นำเทคโนโลยีที่เป็นภาพเคลื่อนไหวมาใช้เป็นสื่อที่ช่วยให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สกว.) ประจำปีการศึกษา 2560

เอกสารอ้างอิง

ชาติรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ 2557; 29(3): 86-99.

ชาติรี ฝ่ายคำตา. แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2551; 19(2): 100-28.

ฉัตรฤต เกื้อทาน, ชาติรี ฝ่ายคำตา และคณะ. แบบจำลองทางความคิดเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วารสารสงขลานครินทร์. 2554; 17(2): 300-315.

- ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
- เขาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, นฤมล ชูตากม. แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารสงขลานครินทร์ 2550; 13(4): 541-553.
- อนุพงศ์ ไพรศรี. จินพัฒนาทักษะการโต้แย้งและแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องสมดุลอย่างไร ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2560.
- Chandrasegaran, Treagust, and Mocerino. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*. 2007; 8: 293-307.
- Clement, Rea-Ramirez, and Nunez-Oviedo. An Instructional model derived from Model construction and criticism theory. In: Clement and Rea-Ramirez. *Model Based Learning and Instruction in Science*. U.S.A.: Springer. 2007.
- Duit, and Treagust. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 2003; 25: 671-688.
- Harrison and Jong. Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching* 2005; 42(10): 1135-1159.
- Johnstone. Enhancing the Productivity of Learning: Curricular Implications. *New Directions for Higher Education* 1998; 103: 23-34.
- Kamariah. Understanding of Macroscopic, Microscopic and Symbolic Representations among Form Four Students in Solving Stoichiometric Problems. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*. 2017; 5(3): 83-96.
- Kemmis and McTaggart. *The Action Research Reader*. Victoria University Press 1998.
- Voska and Heikkinen. Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching* 1999; 37(2): 160-176.
- Wilensky. Understanding the work beliefs of nonprofit executives through organizational stories. *Human Resource Development Quarterly* 2002; 12(3): 223-235.