ED-017

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร

Using Model-Based Learning to Develop Ability to Construct Representation of Grade 5 Student about Changes of Substance Topic

รัชวรรณ สังฆวัตร[1,*], พงศ์ประพันธ์ พงศ์โสภณ[2] และสุธาสินี กิตยาการ[3]
Ratchawan Sangkawat[1,*], Pongprapan Pongsophon[2] and Sutasinee Kityakarn[3]
[1,2]ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[3]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1,2]Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[3]Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author's e-mail: ratchawan.san@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อพัฒนาตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระเบียบวิธีวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และปรับแก้ไขแบบจำลอง กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 20 คน ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดจันทบุรี ที่ได้มาจากการเลือกอย่างเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน รวม 10 ชั่วโมง และแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ ตามแนวคิดย่อย 4 เรื่อง ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ 2) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี 3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และ 4) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ โดยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหาที่จัดกลุ่มการแสดงตัวแทนความคิด 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับมหภาค นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ของสารที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า 2) ระดับจุลภาค นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ของสารที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และ 3) ระดับสัญลักษณ์ นักเรียนอธิบายตัวแทนของปรากฏการณ์การต่าง ๆ ที่มองเห็นได้และไม่สามารถมองเห็นได้ ผลการวิจัยพบว่า หลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค (51.25%) ซึ่งสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน (12.50%) โดยเฉพาะในเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (60.00%) รองลงมาพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการ

แสดงตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (33.75%) และระดับสัญลักษณ์ (15.00%) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นทางเลือกในการช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: ตัวแทนความคิด, แบบจำลอง, การสร้างแบบจำลอง, การเปลี่ยนแปลงของสาร

ABSTRACT

This research aims to develop ability to construct representation of grade 5 student about changes of substance topic using model-based learning. This research method is classroom action research using model-based learning which places an emphasis on creating, testing and revising models. The participants were 20 fifth graders of a mid-size school in Chanthaburi. The children were purposefully selected. Data were collected from 3 learning management plans totaling 10 hours and a test of construct representation, which involved 4 items of open-ended questions with regard to 4 topics: Physical Change of Substance, Chemical Change of Substance, Reversible Change and Irreversible Change. The data were analyzed via content analysis that categorized the student's answers into three levels: Macro level, Micro level and Symbolic level. Findings illustrate that the majority of the student was in micro level (51.25%) was more than pretest (12.50%) particulariy in topic of Physical Change of Substance (60.00%). The rest of the student presented macro level (33.75%) and symbolic level (15.00%). These findings suggest that model-based learning is an alternative to help student understand the phenomena at the micro level.

Keywords: Representation, Model, Modelling, Changes of substance

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในสังคมปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์ทุกคน ทั้งกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ ตลอดจนเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยเป้าหมายที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด รวมไปถึงพัฒนาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสามารถที่จะสื่อสารไปยังผู้อื่นให้เกิดความเข้าใจได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2555) แต่การที่จะสื่อสารไปยังผู้อื่นได้

บุคคลนั้นจะต้องพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ นำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับประเด็นปัญหาในชีวิตจริง และยังสามารถโน้มน้าวและให้ข้อมูลกับผู้อื่นโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Bonney et al., 2009) ซึ่งองค์ประกอบหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ คือ การใช้ตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับแบบจำลอง (Halverson & Friedrichsen, 2013) เมื่อพิจารณาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์กายภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) แล้ว แนวคิดเรื่องการเปลี่ยนของสาร จัดเป็นเนื้อหาที่มีส่วนที่เป็นทั้งรูปธรรมและนามธรรม และยังเป็นส่วนหนึ่งในวิชาเคมี ที่จะเกี่ยวข้องกับการอธิบายการเปลี่ยนของสารทั้ง 3 ระดับ อันได้แก่ ระดับมหภาค (Macro Level) เป็นการอธิบายสมบัติของสาร ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยสามารถสัมผัสและวัดได้ เช่น น้ำหนัก อุณหภูมิ สี ค่าความเป็นกรดเบสซึ่งสมบัติเหล่านี้ได้จากการทดลองหรือประสบการณ์ที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ระดับจุลภาค (Micro Level) เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์ของสารที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเคลื่อนที่ของอนุภาค ได้แก่ อะตอม โมเลกุล และไอออน และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) เป็นตัวแทนเชื่อมโยงระหว่างระดับดับมหภาคกับระดับจุลภาค โดยการใช้สัญลักษณ์เพื่อแสดงถึงอะตอม เช่น ของแข็งของเหลว (l) ก๊าซ (g) น้ำ (aq) หรือสารละลายอื่น ๆ ดังนั้นการศึกษาปรากฏการณ์บางอย่าง จึงต้องใช้แบบจำลองเข้ามามีบทบาทในสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ครูจึงต้องมีหน้าที่ในการออกแบบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจในระดับจุลภาคได้

จากการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา จันทบุรี เขต 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งต้องอาศัยการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของสารทั้ง 3 ระดับ เช่น การให้นักเรียนดูรูปภาพ แล้วให้อธิบายว่าเหตุใดเนื้อของแอปเปิลเปลี่ยนเป็นสีที่คล้ำขึ้น ผลปรากฏว่านักเรียนตอบถูกต้องแค่บางส่วนคือ เพราะปอกเปลือกแอปเปิลออกจึงทำให้เนื้อแอปเปิลเปลี่ยนสี แต่ถ้าหากนักเรียนสามารถอธิบายในระดับจุลภาคได้ว่า เกิดจากการที่สารในผิวของแอปเปิลที่ปอกเปลือกแล้วทำปฏิกิริยาเคมีกับอากาศจึงทำให้เนื้อแอปเปิลเปลี่ยนสี นักเรียนก็จะสามารถเชื่อมโยงความรู้กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ และสามารถป้องกันไม่ให้ผิวแอปเปิลเกิดการเปลี่ยนสี เช่น โดยการนำพลาสติกห่ออาหารมาปิดบริเวณผิวแอปเปิลเพื่อไม่ให้สัมผัสกับอากาศ หรือเหตุการณ์ที่นักเรียนไม่สามารถระบุสถานะของสารบางชนิด และไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารได้ จากที่กล่าวมาการจัดกิจกรรมการสอนของฉันอาจจะยังไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดในระดับจุลภาค จึงต้องมีการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่จะใช้การทดลอง

ค้นคว้าจนได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย ข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) แล้วใช้การสร้างแบบจำลองในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยแบบจำลองที่ว่านั้นมีหลายรูปแบบ เช่น การวาดภาพ กราฟ สมการ หรือข้อความเพื่ออธิบายหรือสื่อสารความเข้าใจของตนเองซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นแบบจำลองทางความคิด จากนั้นนักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็จะปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์โดย Gilbert และคณะ (2000) เนื่องจากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิดและการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison & Treagust, 2000) ดังนั้นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ครูควรสอนให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองการสอนในลักษณะดังกล่าวช่วยให้นักเรียน สามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) สามารถพัฒนาตัวแทนความคิดของนักเรียนได้ (Justi and Gilbert, 2002) โดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เดิมก่อนเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนมีหน้าที่แสดงออกถึงแบบจำลอง เช่น ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ จากนั้นทดสอบและประเมินแบบจำลอง นำแบบจำลองไปทดสอบ ซึ่งขั้นนี้แบบจำลองของนักเรียนอาจถูกปฏิเสธ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เมื่อนักเรียนมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองแล้ว จึงนำแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น Buckley และคณะ (2004)

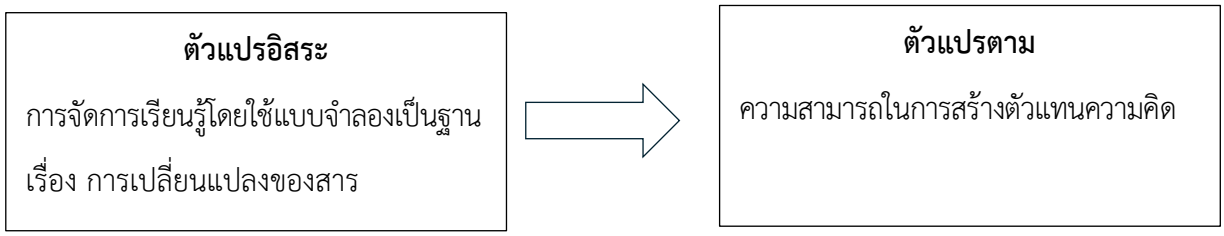
จากความสำคัญทั้งหมดที่กล่าวมา พบว่า การใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร โดยจะต้องสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสารได้ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค (Macro Level) ระดับจุลภาค (Submicro Level) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาค และเพื่อใช้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน รวมถึงอาจเป็นประโยชน์กับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ และผู้ที่ส่วนเกี่ยวข้องต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด เรื่องการเปลี่ยนแปลงของสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้

กรอบแนวคิดการวิจัย

เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนขยายโอกาสขนาดกลางแห่งหนึ่ง ประกอบด้วย นักเรียนจำนวน 20 คน เป็นนักเรียนชาย 14 คน และนักเรียนหญิง 6 คน โดยนักเรียนกลุ่มนี้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับผิดชอบสอนในรายวิชา วิทยาศาสตร์ และได้มีการคลุกคลีกับนักเรียนมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง ผู้วิจัยจึงมีความเข้าใจนักเรียน และรู้จักพื้นฐานความสามารถของนักเรียนเป็นอย่างดี โดยในบทความนี้ผู้วิจัยได้ใช้รหัส S แทนนักเรียนรายบุคคล และตามด้วยตัวเลข 01 – 20 เพื่อให้เป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งนักเรียนทุกคนยินดีที่จะเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความสมัครใจ

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) เครื่องมือที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร จำนวน 3 แผน รวม 10 ชั่วโมง คือ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และผันกลับไม่ได้ หลังจากดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จากคณะศึกษาศาสตร์ 2 ท่าน และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบ

ความถูกต้องเหมาะสม ความสอดคล้อง และความเป็นไปได้ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา ตรวจสอบให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อแน่ใจว่าองค์ประกอบนั้นเหมาะสมและสอดคล้อง
- ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าองค์ประกอบเหมาะสมและสอดคล้อง
- ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าองค์ประกอบนั้นไม่เหมาะสมและสอดคล้อง

แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Object Congruence: IOC) ระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จะต้องได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของทุกองค์ประกอบตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.94 จากนั้นปรับปรุงแก้ไขและเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบก่อนนำไปใช้ทดลองจริง

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด ซึ่งจะใช้วัดการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนทั้งก่อนและหลังเรียน มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ ตามเรื่องย่อย 4 เรื่อง ได้แก่ (1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (2) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และ (4) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ มีเกณฑ์การวิเคราะห์คำตอบดังแสดงในตารางที่ 1 โดยนำแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดและเกณฑ์การประเมินที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จากคณะศึกษาศาสตร์ 2 ท่าน และครูผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา 1 ท่าน ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเครื่องมือ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามมีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด
- ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามมีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด
- ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามไม่มีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด

ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดในงานวิจัยนี้มีค่า IOC อยู่ที่ 0.67 – 1.00 และใช้แบบบันทึกหลังจากจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ภายหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนอย่างละเอียด ซึ่งจะนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นวางแผนการปฏิบัติงาน (2) ขั้นปฏิบัติการ (3) ขั้นสังเกต และ (4) ขั้นตอนสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างตามลำดับ ดังนี้

1) ก่อนการทดลอง ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร จำนวน 4 ข้อ ตามเรื่องย่อย 4 เรื่อง ได้แก่ (1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (2) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ และ (4) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

2) ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร ตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ได้แก่ (1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (2) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และ (3) การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และผันกลับไม่ได้

3) เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว หลังเรียนได้มีการทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนอีกครั้ง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดชุดเดิม จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยการนำข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด มาสรุประดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยการอ่านคำตอบในแบบวัดของนักเรียนเป็นรายบุคคลอย่างละเอียดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเกณฑ์การจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ (Gilbert and Treagust, 2009) เพื่อแปลความหมายและระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียน จากนั้นได้ทำการคำนวณหาค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนเป็นรายข้อในแต่ละระดับของการแสดงตัวแทนความคิด

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียน ตามกรอบแนวคิดของ Gilbert and Treagust (2009)

ระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด	ความหมาย
ระดับมหภาค (Macro Level)	นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเท่านั้น
ระดับจุลภาค (Micro Level)	นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า
ระดับสัญลักษณ์ (symbolic Level)	นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้และมองเห็นไม่ได้ด้วยตาเปล่า โดยใช้สัญลักษณ์ในการสร้างตัวแทนความคิด

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร จำนวน 10 ชั่วโมง และพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์คำตอบแสดงในตารางที่ 2

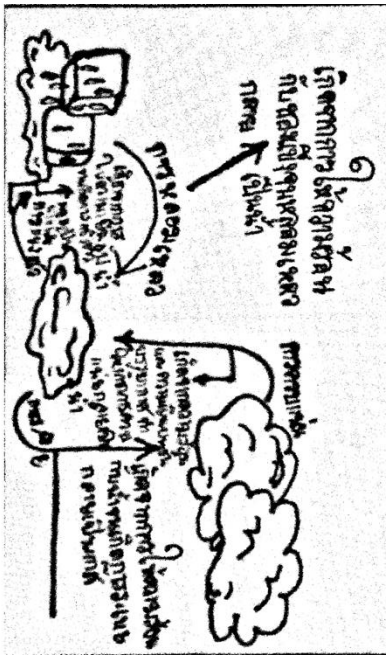
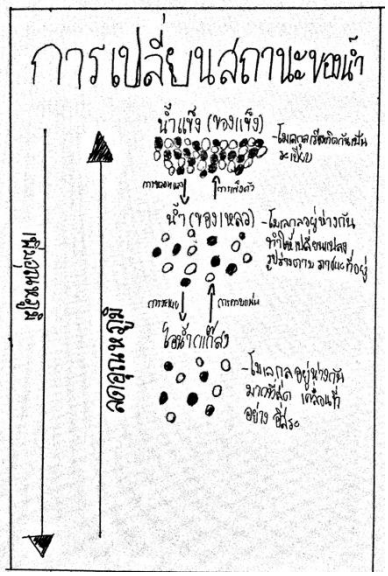
ตารางที่ 2 ค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนในการจัดระดับของความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร

n = 20

แนวคิดเรื่องย่อย	ค่าความถี่และร้อยละของนักเรียน ในแต่ละระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด					
	ระดับมหภาค		ระดับจุลภาค		ระดับสัญลักษณ์	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	15 (75.00)	6 (30.00)	5 (25.00)	**12 (60.00)**	0 (0.00)	2 (10.00)
การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	17 (85.00)	8 (40.00)	3 (15.00)	8 (40.00)	0 (0.00)	4 (20.00)
การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ของสาร	**20 (100.00)**	6 (30.00)	0 (0.00)	10 (50.00)	0 (0.00)	4 (20.00)
การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ของสาร	18 (90.00)	7 (35.00)	2 (10.00)	11 (55.00)	0 (0.00)	2 (10.00)
ร้อยละโดยเฉลี่ย	**87.50**	**33.75**	**12.50**	**51.25**	**0.00**	**15.00**

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (ร้อยละ 87.50) รองลงมาคือระดับจุลภาค (ร้อยละ 12.50) และไม่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ได้เลย ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาคนั้น อาจเป็นเพราะข้อคำถามในแบบวัดมีเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม นักเรียนต้องใช้จินตนาการค่อนข้างสูง หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่เคยพบเห็น ทำให้นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับที่สามารถสังเกตปรากฏการณ์ได้ด้วยตาเปล่าเท่านั้น โดยจะเห็นว่าในทุกแนวคิดเรื่องย่อย นักเรียนส่วนใหญ่สร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาค โดยตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนของนักเรียน ในแนวคิดย่อยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างตัวแทนความคิดก่อนและหลังเรียนของนักเรียน แนวคิดย่อยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ระดับความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด	การตีความของผู้วิจัย
 (ตัวอย่างคำตอบก่อนเรียน)	ระดับมหภาค (Macro Level)	นักเรียน S13 เขียนอธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำในแต่ละสถานะในปรากฏการณ์ที่สังเกตได้หรือวัดได้เท่านั้น ในที่นี้คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้น้ำสามารถเปลี่ยนสถานะได้ โดยมีการให้คำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ จากสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่ง แต่นักเรียนยังไม่ได้มีการอธิบายในระดับจุลภาค หรือเชื่อมโยงปรากฏการณ์โดยมีการใช้สัญลักษณ์ได้
 (ตัวอย่างคำตอบหลังเรียน)	ระดับจุลภาค (Micro Level)	นักเรียน S13 เขียนอธิบายและการเปลี่ยนแปลงของน้ำในแต่ละสถานะ โดยสามารถแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ คือ การจัดเรียงตัวของอนุภาคของน้ำในแต่ละสถานะ

จากข้อค้นพบที่ว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาค ผู้วิจัยจึงจัดกิจกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลอง เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในขั้นต้นนักเรียนจะเป็นผู้สร้างแบบจำลองได้หลายรูปแบบเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม ต่อมามีการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้ค้นพบว่าแบบจำลองของตนอาจไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นักเรียนจึงต้องนำแบบจำลองไปปรับปรุงและแก้ไข และนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley et al., 2004) โดยในระหว่างที่นักเรียนลงมือทำกิจกรรมได้มีการเรียนรู้ผ่านขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งดำเนินการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของสาร แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ของสาร

หลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค (ร้อยละ 51.25) ซึ่งสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 12.50) โดยเฉพาะในเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (ร้อยละ 60.00) รองลงมาพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดในระดับมหภาค (ร้อยละ 33.75) และระดับสัญลักษณ์ (ร้อยละ 15.00) โดยนักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ของสารที่ไม่สามารถสังเกตได้ ดังแสดงในตารางที่ 3 ในส่วนของคำตอบหลังเรียน แต่อย่างไรก็ตามมีเพียงนักเรียนร้อยละ 15.00 เท่านั้นที่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ได้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากเนื้อหาในรายวิชา วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ไม่ได้บรรจุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้สัญลักษณ์หรือสมการทางเคมีไว้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างตัวแทนความคิดได้ในระดับสัญลักษณ์ แต่มีนักเรียนบางคนได้เขียนสมการการเกิดสนิมโดยการใช้ข้อความแทนการเขียนสูตรโมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบ เช่น เหล็ก + น้ำ + ออกซิเจน = สนิม เป็นต้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งผู้วิจัยนำมาอภิปรายตามวัตถุประสงค์ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร พบว่าความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดก่อนเรียนของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับมหภาค คือ นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเท่านั้น แต่เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง

เป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดหลังเรียนอยู่ในระดับจุลภาค คือ นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องย่อย การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ที่พบว่านักเรียนสามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคได้มากที่สุด จากทั้งหมดในแนวคิดเรื่องย่อย 4 เรื่อง ซึ่งผลการวิจัยที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิวรรณ สุวรรณโชติ (2562) ที่พบว่า หลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแทนความคิดโดยเชื่อมโยงระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคหรือระดับสัญลักษณ์ได้ และงานวิจัยของ พนิดา กระทุ่มนอก (2562) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค อยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค อยู่ในระดับคุณภาพต่ำ หลังเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่สร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาค และอยู่ในระดับคุณภาพต่ำเท่านั้น จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทำการศึกษากับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ทำให้นักเรียนสามารถแสดงตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ได้ชัดเจนกว่า แต่ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ทำให้ถึงแม้นักเรียนจะสามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคได้มากขึ้น แต่มีเพียงนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ ทั้งนี้เนื้อหาในรายวิชา วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ไม่ได้กล่าวถึงการเรียนเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือสมการทางเคมี ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ได้ อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก็ช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดในระดับที่สูงขึ้นได้ จึงเป็นทางเลือกที่ช่วยให้ครูสามารถใช้ในการสอนในเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม โดยการออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของตนเอง

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยที่พบว่า ยังมีนักเรียนที่สร้างตัวแทนความคิดในระดับมหภาคได้เท่านั้น และไม่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคได้ อาจมีสาเหตุมาจากแบบจำลองที่นักเรียนได้ศึกษา ยังไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของสารในระดับจุลภาคได้ดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ใช้แบบจำลองที่แสดงการเคลื่อนไหวได้ดี ซึ่งอาจใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย เพื่อให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับจุลภาคได้ดีมากขึ้น

2. จากตัวชี้วัดในรายวิชา วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐานที่ 2.1 ตัวชี้วัดที่ 1 – 4 ไม่ได้กำหนดให้นักเรียนเรียนเกี่ยวกับการใช้สัญลักษณ์หรือสมการทางเคมี ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ได้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบวัดจึงควรมี

การอธิบายและกำหนดสัญลักษณ์ในให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนนำมาอธิบายปรากฏการณ์ของสารในระดับสัญลักษณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ.

พนิดา กระทุ่มนอก. (2562). ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิด เรื่อง เซลล์กัลป์วานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลอง. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 7(2), 36-47.

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

อภิวรรณ สุวรรณโชติ. (2562, 15 มีนาคม). *การพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมี 3 ระดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมี* [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, ขอนแก่น, ประเทศไทย.

Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, *59*(11), 977-984. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

Buckley, B., Gobert, J., Kindfield, A., Horwitz, P., Tinker, R., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning with BioLogica™: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know? *Journal of Science Education and Technology*, *13*, 23-41. https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000019636.06814.e3

Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 891-894. https://doi.org/10.1080/095006900416839

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, *84*(3), 352-381. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J