



บทความวิจัย

**การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการ
สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ณัฐนรี คณะเมือง¹ และร่มเกล้า จันทราษี^{2*}

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Email: romklao@kku.ac.th

รับบทความ: 17 มกราคม 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 26 กุมภาพันธ์ 2561

บทคัดย่อ

กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในด้านการส่งเสริมให้มีความสนใจที่ถูกต้อง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามสภาพจริง คือ การสร้าง การประเมินคุณค่า การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน ในจังหวัดขอนแก่น เก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยใบกิจกรรมเรื่อง การระเหย และการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเป็นร้อยละ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย ในด้านการสร้างและการประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.75 และ 43.75 ตามลำดับ) ด้านการปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 50.00) และด้านการนำแบบจำลองไปใช้อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 50.00) โดยด้านการปรับปรุงและนำแบบจำลองไปใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) การระเหย

อ้างอิงบทความนี้

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี. (2561). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 1(1), 86-96.

Research Article

Model-centered instruction sequence of evaporation on grade 10 students' scientific modeling

Nutnaree Kanamuang¹ and Romklao Jantrasee^{2,*}

¹Student, Master of Education Program in Science and Technology, Faculty of Education, Khon Kaen University

²Science Education Program, Faculty of Education, Khon Kaen University

*Email: romklao@kku.ac.th

Received <17 January 2018>; Accepted <26 February 2018>

Abstract

Scientific modeling has been necessary for learning, which can encourage students' conceptual understanding through four steps consist of construction, evaluation, revision and using a model for prediction or explanation phenomenon. The purpose of this research was to investigate students' scientific modeling by using model-centered instruction sequence (MCIS) of evaporation. Participants were 16 grade 10 students who studied at a public high school in Khon Kaen province. Data was collected during the instruction of evaporation and analyzed as a percentage. The research findings were summarized as follows. The construction and the evaluation of model were rated at average level (43.75%). The revision of model was rated at excellent level (50.00%) and the using of model for prediction was rated at good level (50.00%). The revision and the using of model are very important for scientific modeling therefore, model-centered instruction sequence (MCIS) is suitable for science instruction.

Keywords: Scientific modeling, model-centered instruction sequence (MCIS), evaporation

Cite this article:

Jantrasee, R. and Kanamuang, N. (2018). Model-centered instruction sequence of evaporation on grade 10 students' scientific modeling (in Thai). *Journal of Science and Science Education*, 1(1), 86-96.

บทนำ

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คือ การเตรียมให้บุคคลเป็นผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literate Person) ซึ่งการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้ นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง (ลือชา ลดาชาติ และลฎภา ลดาชาติ, 2559) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในนักเรียนโดยการนำความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งที่ได้พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมมาสร้างเป็นแนวคิดของตนเอง (เอกภูมิ จันทรวงศ์, 2559) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามสภาพจริง เช่น การสร้าง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Creating Scientific Model) (Davis et al., 2008) ผ่านกระบวนการสร้าง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้าง ประเมิน และปรับแก้แบบจำลองที่ได้ สร้างขึ้น (Beak et al., 2011)

กระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 4 ประการ ได้แก่ 1) การสร้างนักเรียนสร้างแบบจำลองจาก ข้อมูลหลักฐาน หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนหน้าเพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) การประเมิน เป็นการเปรียบเทียบ และประเมินคุณค่าของแบบจำลองที่สร้างขึ้นซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเป็นตัวแทน แสดงปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3) การปรับปรุง เพื่อให้แบบจำลองสามารถแสดง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ ศึกษามีความน่าเชื่อถือมากขึ้น 4) การนำแบบจำลองไปใช้เพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์ที่ศึกษา (Schwarz et al., 2009)

เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยสนใจที่จะใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้น แบบจำลอง (Model-Centered Instruction Sequence: MCIS) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของกรอบ แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory) และการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) โดยมีวัตถุประสงค์ทั้งหมด 3 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อให้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตรวจสอบตรวจสอบ ปรัชญาหรือ ประเมินโดยเพื่อน ได้แย้ง เพื่อลงมติสร้างแบบจำลองและให้เหตุผลด้วยแบบจำลอง 2) เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงการตั้งสมมติฐาน การให้เหตุผล และความเข้าใจรวมทั้งปรับปรุงแบบจำลองเพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น และ 3) เพื่อให้นักเรียนได้ เรียนรู้ซึ่งการได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสะท้อนความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยขั้นตอนของการจัดการ เรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ 2) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น 3) ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ 4) ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง เบื้องต้น 5) ขั้นการแนะนำแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง 6) ขั้นการประเมินและปรับปรุง แบบจำลอง 7) ขั้นการประเมินโดยเพื่อน 8) ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้าง และ 9) ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อ ทำนายหรืออธิบาย (Beak et al., 2011)

สำหรับหัวข้อเรื่อง การระเหย จัดอยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นสาระหนึ่งใน รายวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนมีความเข้าใจในสถานะ สมบัติ และการ เปลี่ยนแปลงของสาร การเรียนรู้ในเนื้อหาดังกล่าวนักเรียนต้องอาศัยความเข้าใจในระดับจุลภาค จะต้องใช้ จินตนาการเกี่ยวกับพฤติกรรมของอะตอม โมเลกุล และไอออนของสาร ซึ่งมีความเป็นนามธรรม นักเรียนจึงไม่ สามารถใช้ประสาทสัมผัสรับรู้เกี่ยวกับสมบัติและกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาคได้โดยตรง ด้วยเหตุนี้อาจเป็น อุปสรรคต่อความเข้าใจของนักเรียนได้ (Harrison, 1996) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้เรื่องการระเหยซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาเนื้อหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในวิชาเคมี เช่น เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมี เป็นต้น (Beak et al., 2011) นอกจากนี้นักเรียนจะได้ เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เป็นนามธรรมเพื่อสร้างแบบจำลองที่แสดงหรือ อธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวซึ่งสามารถสะท้อนความเข้าใจของนักเรียนแล้ว ในส่วนของครูก็สามารถตรวจสอบ แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นผ่านความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การระเหย ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

วิธีดำเนินการวิจัย

1) **รูปแบบการวิจัย** รูปแบบการวิจัยเป็นวิธีการวิจัยแบบผสมผสาน เพื่อศึกษาระดับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2) **กลุ่มที่ศึกษา** กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นซึ่งได้จากการเลือกกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง โดยที่นักเรียนทุกคนในชั้นเรียนยินดีเข้าร่วมการวิจัย

3) **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เรื่อง การระเหย โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง และแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) **การเก็บรวบรวมข้อมูล** ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เรื่อง การระเหย ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ โดยใช้ชีวิตที่สนใจ เรื่อง การระเหย ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำที่ลดลงเมื่อตั้งแก้วน้ำเปิดฝาทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 วัน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ลดลงว่าเกิดจากสาเหตุใด จากนั้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเกี่ยวกับการระเหยของน้ำในระดับโมเลกุล เป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติดลงในใบกิจกรรมเรื่อง การระเหย

ขั้นที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ นักเรียนในกลุ่มแลกเปลี่ยนแบบจำลองเบื้องต้นที่แต่ละคนได้สร้างขึ้น จากนั้นร่วมกันวางแผนปฏิบัติการทดลองเรื่อง การระเหย ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการระเหยของน้ำ และเอทานอล โดยให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อน (hot plate) ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นระยะเวลา 5 นาทีเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และเปรียบเทียบปริมาณของเหลวที่ลดลง จากนั้นนักเรียนแต่ละคนวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลจากปฏิบัติการทดลอง

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนพิจารณาข้อมูลจากปฏิบัติการทดลองเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ตารางที่ 3) และปรับปรุงแบบจำลองของตนเองลงในใบกิจกรรม เรื่องการระเหย

ขั้นที่ 5 การแนะนำแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง ครูนำเสนอวิดีโอที่แสดงการระเหยของน้ำที่บรรจุในภาชนะเปิดในระดับโมเลกุลที่เป็นสามมิติ และภาพแสดงการระเหยของน้ำในระดับโมเลกุลที่เป็นสองมิติ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความคิดในสถานการณ์จำลองกับปรากฏการณ์เรื่อง การระเหยของน้ำ

ขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง นักเรียนแต่ละคนนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินเหมือนในขั้นที่ 4 (ตารางที่ 3) และปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้ง

ขั้นที่ 7 การประเมินแบบจำลองโดยเพื่อน นักเรียนจับคู่กันภายในกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนแบบจำลองและให้คะแนนแบบจำลองของเพื่อนโดยใช้เกณฑ์การประเมินเหมือนในขั้นที่ 4 (ตารางที่ 3) และสะท้อนผลซึ่งกันและกัน

ขั้นที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแบบจำลองของสมาชิกในกลุ่มที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลจากการทดลอง และแบบจำลองที่ครูนำเสนอที่มากที่สุดและตัวแทนนักเรียนในกลุ่ม ๆ ละ 1 คน นำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะเด่นในแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม

และลงมติเลือก 1 แบบจำลอง สุดท้ายนักเรียนแต่ละคนสรุปความคิดสำคัญเกี่ยวกับการระเหยของน้ำผ่านแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนคติลงในใบกิจกรรมเรื่อง การระเหย

ขั้นที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย นักเรียนใช้แบบจำลองที่ได้จากการสรุปความคิดสำคัญเพื่ออธิบายการระเหยของแอซิติก ซึ่งในใบกิจกรรมมีการกำหนดโครงสร้างของกรดแอซิติก (Acetic acid) ในระดับโมเลกุลมาให้

5) การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ระดับคุณภาพของกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำข้อมูลจากใบกิจกรรมเรื่อง การระเหยมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาตามองค์ประกอบกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ การสร้าง การประเมินคุณค่า การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ โดยมีทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ 4 (ดีมาก) 3 (ดี) 2 (ปานกลาง) 1 (พอใช้) และ 0 (ปรับปรุง) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยนำเสนอระดับคุณภาพของกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยร้อยละ

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย

ระดับคุณภาพ	กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์			
	การสร้าง	การประเมิน	การปรับปรุง	การนำไปใช้
ดีมาก	สร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมของนักเรียนที่มีอยู่ โดยมีการวาดรูปและเขียนระบุค่าสำคัญเรื่อง การระเหย คือ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส ได้ถูกต้องและครบถ้วน	ให้คะแนนแบบจำลองได้สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนถูกต้อง และครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนคติ และความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองและข้อความมโนคติ	ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ถูกต้อง และครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส การระเหยที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว และการชนกันระหว่างโมเลกุลของเหลว	ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้ถูกต้อง และครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส การระเหยที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว และการชนกันระหว่างโมเลกุลของเหลว
ดี	สร้างแบบจำลองจากความรู้ทฤษฎีที่มีอยู่ โดยมีการวาดรูป และ เขียนระบุค่าสำคัญได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	ให้คะแนนแบบจำลองได้สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (2 องค์ประกอบ)	ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (2 องค์ประกอบ)	ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (2 องค์ประกอบ)
ปานกลาง	สร้างแบบจำลองจากความรู้ทฤษฎีที่มีอยู่ แต่ วาดรูปและเขียนระบุค่าสำคัญไม่ถูกต้อง	ให้คะแนนแบบจำลองได้สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (1 องค์ประกอบ)	ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (1 องค์ประกอบ)	ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (1 องค์ประกอบ)
พอใช้	มิได้สร้างแบบจำลองจากความรู้ทฤษฎีที่มีอยู่ โดยที่ไม่มีกรวาดรูป และ เขียนระบุค่าสำคัญ	ให้คะแนนแบบจำลองไม่สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนน	ปรับปรุงแบบจำลองได้ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้ไม่ถูกต้อง
ปรับปรุง	ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้	ไม่สามารถประเมินให้คะแนนแบบจำลองได้	ไม่สามารถปรับปรุงแบบจำลองได้	ไม่สามารถใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกเสียงแบบคำต่อคำ และอ่านโดยละเอียด เพื่อใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับการวิเคราะห์กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมเรื่อง การระเหย และแบ่งระดับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และปรับปรุง ตามลำดับ จากนั้นจึงวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน และนำเสนอข้อมูลตามองค์ประกอบของกระบวนการทั้ง 4 องค์ประกอบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของนักเรียนตามระดับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหย

กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละตามระดับคุณภาพ				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ปรับปรุง
1. การสร้างแบบจำลอง	6.25	31.58	43.75	18.75	-
2. การประเมินแบบจำลอง	12.50	12.50	43.75	31.25	-
3. การปรับปรุงแบบจำลอง	50.00	37.50	12.50	-	-
4. การนำแบบจำลองไปใช้	18.75	50.00	25.00	6.25	-

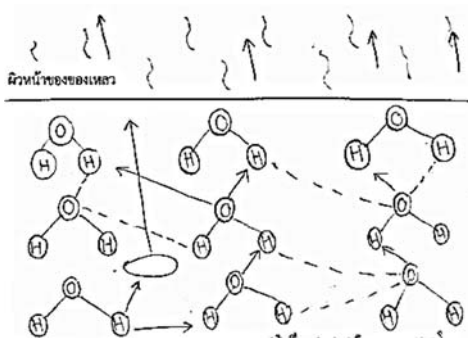
หมายเหตุ ตัวหนาแทนร้อยละสูงสุด

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการสร้างและการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 43.75 และ 43.75 ในองค์ประกอบปรับปรุงนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 50.00 และในองค์ประกอบการนำแบบจำลองไปใช้นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 50.00 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 43.75) อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งในกระบวนการนี้อยู่ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น มุ่งให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยอาศัยพื้นฐานจากข้อมูลหลักฐาน หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนหน้า ทั้งนี้นักเรียนต้องสามารถวาดภาพแสดงการระเหยของน้ำ และระบุค่าสำคัญ คือ การเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวกลายเป็นแก๊สได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่นักเรียนทำไม่ได้ถูกต้อง

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด ซึ่งนักเรียนวาดภาพแสดงการระเหยโดยโมเลกุลน้ำที่มีสถานะเป็นของเหลวจะอยู่บริเวณใต้ผิวหน้าของของเหลว ส่วนโมเลกุลน้ำที่มีสถานะเป็นแก๊สจะอยู่บริเวณเหนือผิวหน้าของของเหลว ซึ่งวาดได้ไม่ถูกต้องเนื่องจากนักเรียนวาดเส้นแสดงโมเลกุลของน้ำในสถานะแก๊สแทนการวาดโมเลกุลของน้ำที่ถูกต้องตามเกณฑ์



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดของ S9 (student 9)

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความโมโนมิติที่เป็นคำอธิบายประกอบภาพที่ 1 มีใจความว่า “การระเหย คือ การที่น้ำลดลง” ซึ่งไม่ถูกต้องตามคำสำคัญที่กำหนดไว้

เมื่อพิจารณาทั้งแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดและแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมตินั้น พบว่านักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่อาศัยความรู้ที่มีอยู่ก่อนได้แต่ไม่ถูกต้อง จึงจัดระดับคุณภาพกระบวนการดังกล่าวอยู่ในระดับปานกลาง

2) การประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 47.37) อยู่ในระดับปานกลาง กระบวนการนี้อยู่ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ชั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง โดยต้องการให้นักเรียนประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถให้คะแนนแบบจำลองของตนเองภายหลังการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด โดยนักเรียนต้องวาดภาพแสดงโมเลกุลของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส แสดงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวน้ำของน้ำ และแสดงการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ 2) แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมตินักเรียนต้องเขียนอธิบายถึงโมเลกุลของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส อธิบายถึงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวน้ำของน้ำ และอธิบายถึงการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ และ 3) ความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองภาพวาดและข้อความมโนมติ นักเรียนต้องเขียนให้สอดคล้องได้อย่างครบถ้วนทุกองค์ประกอบ

ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนักเรียนให้คะแนนด้านที่ 1 แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด 2 คะแนน ด้านที่ 2 แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติ 2 คะแนน และด้านที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองภาพวาดและข้อความมโนมติ 2 คะแนน รวมเป็น 6 คะแนน

คะแนนครั้งที่ 2
(ประเมินตนเอง)
(ภาพที่ใช้ปากกาสีน้ำเงิน)

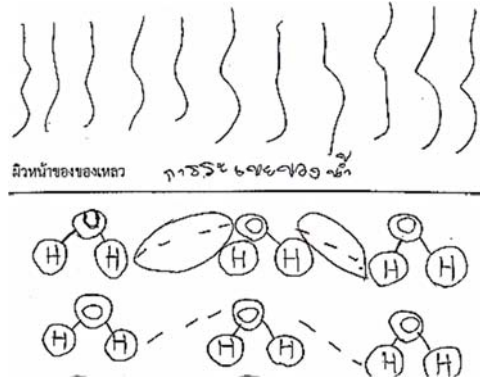
ด้าน			รวม
1	2	3	
2	2	2	6

ภาพที่ 2 ตัวอย่างการประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของ S3

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด โดยนักเรียนวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำไม่ถูกต้องเพราะไม่ได้วาดโมเลกุลของน้ำที่มีสถานะเป็นแก๊ส นอกจากนั้นนักเรียนไม่ได้วาดภาพแสดงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวน้ำของน้ำ และแสดงการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ ดังนั้นคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 3 ด้านแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดจึงเป็น 1 คะแนน คือวาดภาพแสดงปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งไม่สอดคล้องกับคะแนนที่นักเรียนได้ประเมินตนเอง

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติ โดยนักเรียนเขียนคำอธิบายประกอบภาพที่ 3 มีใจความว่า “น้ำในแก้วมีการระเหยออกจากแก้วทำให้น้ำในแก้วลดลง” และนักเรียนได้เขียนอธิบายความหมายของการระเหยว่า “การที่ของเหลวที่ระเหยขึ้นในอากาศกลายเป็นแก๊สหรือไอ” จะเห็นว่านักเรียนได้สร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติในการอธิบายถึงการระเหยได้ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายถึงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวน้ำ และการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ ดังนั้นคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 3 ด้านแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติจึงเป็น

2 คะแนน คือเขียนอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนซึ่งสอดคล้องกับคะแนนที่นักเรียนได้ประเมินตนเอง



ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในชั้นการประเมินคุณค่าแบบจำลองของ S3

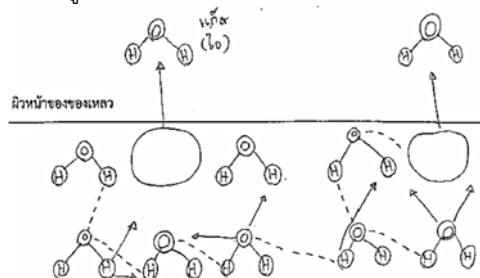
เมื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองภาพวาดและข้อความโมโนมิติ พบว่าแบบจำลองภาพวาดไม่สอดคล้องกับข้อความโมโนมิติทั้ง 3 ประเด็น ได้แก่ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส การระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวของเหลว และการชนกันของโมเลกุลของเหลว ดังนั้นคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 3 ด้านความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองภาพวาดและข้อความโมโนมิติจึงเป็น 1 คะแนน คือเขียนคำอธิบายที่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ซึ่งไม่สอดคล้องกับคะแนนที่นักเรียนได้ประเมินตนเอง

จากตัวอย่างข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยให้คะแนนได้สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพียง 1 ด้าน คือแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความโมโนมิติ ดังนั้นระดับคุณภาพกระบวนการดังกล่าวจึงอยู่ในระดับปานกลาง

3) การปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) อยู่ในระดับดีมาก กระบวนการนี้อยู่ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง โดยนักเรียนส่วนมากสามารถปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลจากการทดลอง และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในชั้นการปรับปรุงแบบจำลองหลังจากรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง และศึกษาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง จะเห็นว่านักเรียนสามารถวาดภาพแสดงโมเลกุลของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส แสดงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวน้ำ และแสดงการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำได้ถูกต้องและครบถ้วน



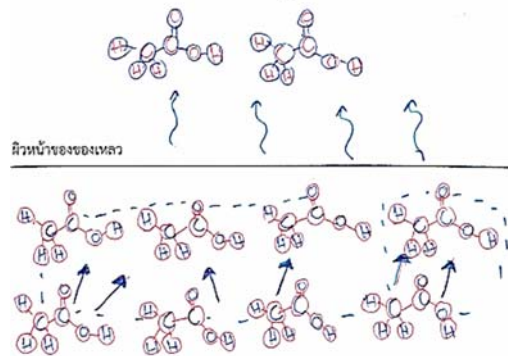
ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในชั้นการปรับปรุงแบบจำลองของ S7

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติ โดยนักเรียนเขียนคำอธิบายประกอบภาพที่ 4 มีใจความว่า “โมเลกุลน้ำเคลื่อนที่ชนกันเกิดการถ่ายเทพลังงานจลน์ โมเลกุลน้ำที่บริเวณผิวหน้าถ้ามีพลังงานจลน์มากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลจะระเหยกลายเป็นไอ” และเขียนอธิบายความหมายของการระเหยว่า “การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส โดยเกิดกับโมเลกุลที่ผิวหน้าเท่านั้น” จะเห็นว่าการเขียนอธิบายถึงโมเลกุลของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส อธิบายถึงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวหน้า และการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำได้ถูกต้องและครบถ้วน

เมื่อพิจารณาแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติแสดงให้เห็นว่ามีการปรับปรุงแบบจำลองได้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง และครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส การระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวหน้า และการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำดังนั้นระดับคุณภาพกระบวนการดังกล่าวจึงอยู่ในระดับดีมาก

4) การนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ผลการศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 52.63) อยู่ในระดับดี กระบวนการนี้อยู่ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ชั้นที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์ การระเหยของกรดแอสติก โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่นักเรียนสามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้ถูกต้องเพียง 2 องค์ประกอบ จาก 3 องค์ประกอบเท่านั้น (ได้แก่ วาดภาพและเขียนคำอธิบายถึงการระเหย การระเหยของโมเลกุลที่พื้นผิว และการชนกันของโมเลกุล)



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในขั้นการนำแบบจำลองไปใช้ของ S7

ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในขั้นการนำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์การระเหยของกรดแอสติก จะเห็นว่านักเรียนสามารถวาดภาพแสดงโมเลกุลของกรดแอสติกที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส และการชนกันระหว่างโมเลกุล แต่นักเรียนไม่ได้วาดภาพแสดงการระเหยที่เกิดกับโมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวหน้าของกรดแอสติก ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนมติ โดยนักเรียนเขียนคำอธิบายประกอบรูปภาพที่ 5 มีใจความว่า “โมเลกุลกรดแอสติกเคลื่อนที่ชนกันเกิดการถ่ายเทพลังงานจลน์ โมเลกุลกรดแอสติกที่บริเวณผิวหน้าถ้ามีพลังงานจลน์มากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล” และเขียนอธิบายความหมายของการระเหยว่า “การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส โดยเกิดกับโมเลกุลที่ผิวหน้าเท่านั้น” จะเห็นว่าการเขียนอธิบายถึงโมเลกุลของกรดแอสติกที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส อธิบายถึงการระเหยที่เกิดเฉพาะบริเวณผิวหน้า และการชนกันระหว่างโมเลกุลของกรดแอสติกได้ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด และข้อความมโนมติแสดงให้เห็นว่าใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน (2 องค์ประกอบ) ซึ่งไม่มีการวาดภาพแสดงการระเหยที่เกิดขึ้นกับโมเลกุลที่อยู่บริเวณพื้นผิวของกรดแอสติก ดังนั้นระดับคุณภาพกระบวนการดังกล่าวจึงอยู่ในระดับดี

การอภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การระเหยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยจะนำเสนอการอภิปรายผลในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองโดยอาศัยพื้นฐานจากข้อมูลหลักฐานหรือความรู้ที่มีอยู่ก่อนหน้า เพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายเกี่ยวกับการระเหยของน้ำ ซึ่งมีการสร้างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดและมีการเขียนระบุค่าสำคัญได้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนในเรื่องดังกล่าวไม่ครอบคลุมหรือไม่ครบถ้วน (ปวีณา งามชัด และไพโรจน์ เต็มเขตชาติพงศ์, 2557) อีกทั้งแบบจำลองเกิดจากการผสมกันระหว่างแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดและข้อความมโนคติ จึงอาจทำให้มีความซับซ้อนมากขึ้น (Gilbert, 2004) นักเรียนจึงวาดภาพแสดงรายละเอียด และเขียนอธิบายเรื่องการระเหยของน้ำได้ไม่ถูกต้อง

การประเมินคุณค่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังจากการรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง และข้อมูลจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอโดยครู พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถให้คะแนนแบบจำลองที่ตัวเองสร้างได้สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ตารางที่ 3) เพียง 1 องค์ประกอบ จาก 3 องค์ประกอบ เนื่องจากการประเมินครั้งนี้นักเรียนต้องพิจารณาประเมินแบบจำลองของตนเองเป็นรายบุคคลซึ่งยังไม่มี การพูดคุยแลกเปลี่ยนระหว่างเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งการมีส่วนร่วมพูดคุยแลกเปลี่ยนจะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาทักษะด้านการประเมินแบบจำลองของนักเรียนได้ (Beak et al., 2011) อีกทั้งแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องสร้างมีรายละเอียดค่อนข้างมากจึงทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการพิจารณาเพื่อประเมินให้คะแนนตนเอง

การปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส การระเหยที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว และการชนกันระหว่างโมเลกุลของเหลว ทั้งนี้เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) นั้นนักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเองถึง 2 ครั้ง คือ ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น และขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นการตรวจสอบความคิดที่เป็นสมมติฐานที่นักเรียนได้สร้างขึ้นในตอนแรก เป็นการปรับโครงสร้างความรู้ และประสบการณ์เดิมให้สัมพันธ์กับความรู้ใหม่ด้วยตนเอง หรือนักเรียนได้ให้ความหมายกับประสบการณ์ที่ได้รับให้เป็นไปตามความเข้าใจของตนเองโดยใช้ประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมเป็นฐาน (Hrepic, 2004) ถือเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

การนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ในที่นี้คือการระเหยของกรดอะซิติก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้แบบจำลองเพื่อการทำนาย อธิบายได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) มุ่งให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงความเข้าใจมโนคติในปรากฏการณ์นั้น ๆ ทั้งนี้ยังก่อให้เกิดการถ่ายโอนความรู้ไปยังปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ (Bamberger and Daviis, 2013; Buckley et al., 2004) ซึ่งการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นส่วนสำคัญก่อให้เกิดการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz, 2009)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง การระเหย โดยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แม้นักเรียนจะมีกระบวนการสร้างและประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในส่วนกระบวนการปรับปรุงและนำแบบจำลองไปใช้นั้นจัดอยู่ในระดับดีมากและดี ตามลำดับ ถือเป็นส่วนสำคัญในการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง ฉะนั้นในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรส่งเสริมความสามารถในการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ ความสามารถในการตั้งคำถาม ความสามารถในการออกแบบและวางแผนการดำเนินการ ความสามารถในการวิเคราะห์ผลการทดลอง และความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะเป็นพื้นฐานนำไปสู่การพัฒนากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความเมตตากรุณาจากผู้อำนวยการ คุณครู และนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นที่เข้าร่วมการวิจัย ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่กรุณามอบทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

- ปวีณา งามชัด และไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์. (2557). การเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นคุณค่าในตนเองกับการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 8(1), 164-171.
- ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 2(1), 24-44.
- เอกภูมิ จันทระขันตี. (2559). การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 11(1), 217-232.
- Beak, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H. and Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS 5th grade approach and findings (pp. 195-220). In M. Khine and I. Saleh (Eds.), *Dynamic modeling: Cognitive tool for scientific enquiry*. London: Springer.
- Bamberger, Y. M. and Davis, E. A. (2013). Middle-school science students' scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238.
- Davis, E. A., Kenyon, L., Hug, B., Nelson, M., Beyer, C., Schwarz, C., and Reiser, B. J. (2008). MoDeLS: Designing supports for teachers using scientific modeling. In *Proceeding of the Association for Science Teacher Education*. 10 January 2008. St. Louis, MO: The Association for Science Teacher Education.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Harrison, A. G. (1996). Conceptual change in secondary chemistry: The role of multiple analogical models of atoms and molecules. Unpublished Doctoral Dissertation, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia.
- Hrepic, Z. (2004). Development of a real-time assessment of students' mental models of sound propagation. Unpublished Doctoral Dissertation, Kansas State University, Manhattan, Kansas, United States.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D. and Krajcik, J. S. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.