

ความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้
โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Grade 10 Students' Epistemological Understanding of Scientific Models and
Modeling Learned Using Model-based Learning

รัตนา สุท่ามา¹ และ ร่มเกล้า จันทรานิ ^{2*}

Rattana Suthamma^{1*} and Romklao Jantrasee ^{2*}

¹ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, srattana.w@gmail.com

(Faculty of Education, Khon Kaen University)

^{2*} คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, romklao@kku.ac.th

(Faculty of Education, Khon Kaen University)

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองด้วยตนเอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา รวมถึงเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 19 คน ที่ศึกษา ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น แบบสอบถามความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นำมาใช้วัดระดับความเข้าใจญาณวิทยาก่อนและหลังเรียนซึ่งครอบคลุม 4 ประเด็น ได้แก่ ธรรมชาติ จุดประสงค์ กระบวนการสร้าง และการประเมินแบบจำลอง นอกจากนี้การสัมภาษณ์หลังเรียนยังนำมาเป็นแหล่งข้อมูลด้วย ข้อมูลเชิงคุณภาพนำมาวิเคราะห์โดยอ่านคำตอบของนักเรียนแล้วตีความเพื่อจำแนกระดับความเข้าใจญาณวิทยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นธรรมชาติของแบบจำลอง จุดประสงค์ของแบบจำลอง และกระบวนการสร้างแบบจำลอง การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รวมถึงการสะท้อนความเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลอง กระบวนการสร้างแบบจำลอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

Model-based learning provides students an opportunity to construct their own models to explain scientific phenomena as well as understand the epistemology of scientific models and modeling. The purpose of this research was to study epistemological understanding of scientific models and modeling. The participants were 19 grade 10 students who studied at a secondary school in Khon Kaen. A questionnaire was used to measure students' epistemological understanding in pre-test and post-test. It covered four dimensions: the nature of models, the purposes of models, the process of modeling and the evaluation of models. Also, the post-lesson interviews were used as a data source. The qualitative data were analyzed inductively to categorize the level of their epistemological understanding. The results indicated that the majority of students could improve their level of epistemological understandings, especially in the dimension of nature of models, the purposes of models, and the process of modeling. In conclusion, model-based learning is an instructional model which could help students to construct an epistemological understanding of scientific models and modeling as well as reflect the acquisition of scientific knowledge.

KEYWORDS: Epistemological understanding of scientific models, Modeling, Model-based learning, Acquisition of scientific knowledge

*Corresponding author, E-mail: romklao@kku.ac.th โทร. 081-835-1865

Received: 20 May 2021 / Revised: 18 June 2021 / Accepted: 24 June 2021 / Published online: 23 May 2022

บทนำ

ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนควรได้รับการปลูกฝังหรือพัฒนา เพราะเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนในการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในโลกของความเป็นจริงในบริบทต่าง ๆ ที่ผู้เรียนทุกคนต้องเผชิญอยู่อย่างมีเหตุผล (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2558) ซึ่งแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองได้จัดให้เป็นส่วนหนึ่งในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Gobert & Buckley, 2000) การสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะส่งเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายให้กับผู้เรียน (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพจนารถ สุวรรณรุจิ, 2557) โดยช่วยเน้นให้ผู้เรียนได้คิดเป็นวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน (Spector & Davidson, 1997; Verhoeff, Waarlo, & Boersma, 2008) ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิดและการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจและการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison & Treagust, 2000) จากความสำคัญดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ถ้าหากนักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองด้วยตัวเอง นักเรียนจะสามารถสะท้อนความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ควรจะรู้ออกมา รวมถึงเข้าใจธรรมชาติของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย (Jonassen, Strobel, & Gottdenker, 2005; Spector, 2000)

อย่างไรก็ตาม การที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ในด้านการเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ แต่ยังสามารถเข้าใจว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นได้อย่างไร (Justi & Gilbert, 2002; Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2004) และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีการใช้และพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับได้อย่างไร ซึ่งความเข้าใจเช่นนี้เป็นส่วนหนึ่งของความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทาง

วิทยาศาสตร์ (epistemological understanding of scientific model and modeling process) โดยจากงานวิจัยของ Sins, Savelsbergh, van Joolingen & van Hout-Wolters (2009) ได้จำแนกความเข้าใจญาณวิทยาออกเป็น 4 ประเด็น ได้แก่ ธรรมชาติของแบบจำลอง วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง กระบวนการสร้างแบบจำลอง และการประเมินแบบจำลอง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนใช้และพัฒนาแบบจำลองได้ เนื่องจากมีข้อสันนิษฐานว่าความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีผลต่อความเข้าใจในเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้มากขึ้น (Hammer, 1994; Schwarz & White, 2005) ดังจะเห็นได้จากการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์เกือบทุกสาขาวิชาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมี เพราะเนื้อหาวิชาเคมีส่วนใหญ่มักมีความซับซ้อนและยากต่อการเข้าใจจึงมีการใช้แบบจำลองที่หลากหลาย ทั้งนี้แนวคิดในวิชาเคมีจำนวนมากมักจะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เช่น พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ ซึ่งเป็นเนื้อหาในเรื่อง พันธะเคมีที่มักบรรจุไว้ในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื้อหาเหล่านี้ล้วนเป็นเรื่องเกี่ยวกับนามธรรม (Bergqvist, Drechsler, De Jong, & Rundgren, 2013; Joki & Aksela, 2018) ถ้านักเรียนเข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองก็จะสามารถ เข้าใจแนวคิดในวิชาเคมีได้ง่ายขึ้น ดังคำกล่าวของ Coll (1999) ที่ว่า “ถ้าไม่มีความเข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง จะเป็นเรื่องยากที่จะเข้าใจในวิชาเคมี” โดยแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นนั้นจะแสดงให้เห็นภาพที่อยู่ในความคิด ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลหรือที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด (mental model) โดยแบบจำลองทางความคิดที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นก็จะมี การนำเสนอและแสดงออกเพื่อให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning: MBL) สามารถพัฒนาความเข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ โดยเริ่มต้นจากการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่นักเรียนศึกษา จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่แสดงออก (expressed model) ต่อมานักเรียนทำการทดสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปทดลองใช้และประเมินดูว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่ ถ้าแบบจำลองถูกปฏิเสธนักเรียนจะต้องกลับไปปรับปรุงหรือแก้ไขแบบจำลอง พร้อมทั้งนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley et al., 2004) ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจ คิด และพยายามอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความรู้และการคิดของนักเรียน (รวีวรรณ เมืองรามัญ และศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2556; ธณัฐฐา คงทน บุญนาค สุขุมเมฆ และชาติรี ฝ่ายคตา, 2559; อธิธา ขาติวรรณ อธิธา บงกชเพชร และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2562) โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้มา คือ แบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองทางความคิดสามารถถ่ายทอดออกมาได้โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองภายนอก (external modeling) ด้วยการพูด เขียน วาด อธิบาย สร้างแบบจำลองทางกายภาพ แผนภาพ หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากงานวิจัย ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ (2557) ซึ่งได้สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง และผลการวิจัยในต่างประเทศ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจบทบาทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ลึกซึ้งเพียงพอ ซึ่งนักเรียนเข้าใจเพียงว่าแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ มากไปกว่านั้นนักเรียนยังไม่ตระหนักว่าแบบจำลองสามารถช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้เช่นเดียวกัน อีกทั้งนักเรียนบางส่วนยังตีความหมายของคำว่า แบบจำลอง ในมุมมองที่แคบว่า แบบจำลองสร้างขึ้นเฉพาะวัตถุหรือสิ่งของเท่านั้น (Grosslight, Unger, Jay & Smith, 1991) และยังมีนักเรียนบางส่วนที่เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ลอกเลียนแบบมาจากของจริง มีลักษณะเหมือนของจริงทุกประการ แบบจำลองไม่สามารถใช้ทำนายผลของการทดลองได้ และแบบจำลองสามารถใช้ได้ในทุก ๆ กรณีไม่มีข้อจำกัด (ศุภกาญจน์ รัตนกร, 2552) และ

นักเรียนเข้าใจว่าการทดสอบแบบจำลองเป็นการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพียงเท่านั้น ไม่ได้มีการประเมินเปรียบเทียบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อพิจารณาข้อจำกัดของแบบจำลอง (สุริยะ คุณวันดี, 2560) รวมไปถึงครูยังไม่ตระหนักถึงบทบาทและความสำคัญของแบบจำลองที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และพัฒนาแบบจำลอง และไม่ได้กล่าวถึงบทบาทของแบบจำลองอย่างตรงไปตรงมา (ลฎาภา ลดาชาติ และลือชา ลดาชาติ, 2560) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สังเกตชั้นเรียนพบว่าในชั้นเรียนครูผู้สอนไม่ได้หยิบยกประเด็นบทบาทของแบบจำลองขึ้นอภิปรายอย่างเปิดเผย ตรงไปตรงมา โดยแฝงไว้ในกิจกรรมและคิดว่านักเรียนจะเข้าใจบทบาทของแบบจำลองได้เอง จากแนวคิดงานวิจัยที่ได้กล่าวมา รวมถึงสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะช่วยส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เป็นนามธรรม ซึ่งสามารถสะท้อนความเข้าใจของนักเรียน และทำให้นักเรียนเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นเนื้อหาแรกในพันธะเคมีของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สามารถออกแบบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้กับครูผู้สอนเคมีเพื่อเป็นประโยชน์แก่นักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การทำกิจกรรมในห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยอาศัยความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ จากนั้นนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ ในการประเมินแบบจำลอง ถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นใช้ได้ดีก็ได้รับการสนับสนุน แต่ถ้าใช้ไม่ได้ผลอาจมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองใหม่หรือปฏิเสธแบบจำลองนั้นและขั้นตอนสุดท้ายคือการขยายแบบจำลองโดยนำแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยอาศัยพื้นฐานจากความรู้เดิม ขั้นที่ 2 ขั้นการใช้และประเมินแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนประเมินแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นโดยอ้างอิงจากความคิดทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 3 ขั้นการปรับปรุงแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์มาพิจารณาเพื่อปรับปรุงแบบจำลองของตนเองเพื่อให้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น ขั้นที่ 4 ขั้นการขยายแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนขยายแบบจำลองให้สมบูรณ์มากขึ้น โดยนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ตัวแทนที่ใช้ในการอธิบายวัตถุ ระบบ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นนามธรรมให้สามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้นและเป็นแบบจำลองที่นักเรียนให้การยอมรับ

3. ความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การอธิบายและการให้เหตุผลของนักเรียนเกี่ยวกับที่มาของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง ในแต่ละประเด็นดังนี้ 1) ธรรมชาติของแบบจำลอง แบบจำลองสร้างจากสมมติฐาน และแบบจำลองเป็นการอธิบายแนวคิดของนักวิจัยหรือนักวิทยาศาสตร์ 2) จุดประสงค์ของแบบจำลอง แบบจำลองมีประโยชน์ในการทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ 3) กระบวนการสร้างแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองนั้นช่วยให้การคาดการณ์สิ่งที่จำลองได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น และการแก้ไขแบบจำลอง

เกิดจากการพิจารณาข้อมูลหรือทดสอบแบบจำลองนั้นซ้ำ ๆ 4) การประเมินแบบจำลอง เป็นการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้ศึกษาหลายครั้ง หรือเปรียบเทียบจากความคิดเห็นของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) ใช้วิธีวิจัยเชิงกรณีศึกษา (case study research method) เพื่อทำความเข้าใจเชิงลึกในบริบทที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ซับซ้อน ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตีความหมายจากข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตรวจสอบคุณภาพงานวิจัยโดยการเก็บข้อมูลจากหลายวิธีในข้อมูลอย่างเดียวกัน

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

กลุ่มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในรายวิชาเคมีพื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ณ โรงเรียนมัธยมขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 19 คน ซึ่งผู้วิจัยรับผิดชอบสอนตลอดปีการศึกษา และได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

เครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับมาจากแนวคิดของ Gobert and buckley (2000) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การปรับปรุงแบบจำลอง และขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เป็นการตรวจสอบความสอดคล้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรง ของเนื้อหา จุดประสงค์ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีทั้งหมด 3 แผน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ใช้เวลาแผนละ 100 นาที

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ตัวอย่างผลงานนักเรียน
1. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	 ภาพที่ 1 แบบจำลองจากหลอดก้ำมะหยี่และลูกปัด
2. การเขียนโครงสร้างลิวอิส	 ภาพที่ 2 แบบจำลองจากแผ่นอะตอม
3. รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (กรณีอะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว)	 ภาพที่ 3 แบบจำลองลูกโป่ง

2. แบบสอบถามความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยปรับมาจาก Sins et al. (2009) เป็นแบบตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยหรือเขียนตอบเหตุผลอย่างสั้น ๆ จำนวน 10 ข้อ

ซึ่งครอบคลุม 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ธรรมชาติของแบบจำลอง 2) จุดประสงค์ของแบบจำลอง 3) กระบวนการสร้างแบบจำลอง และ 4) การประเมินแบบจำลอง ซึ่งผ่านการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาและตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถาม ผลการประเมินคือมีความเหมาะสมในการนำไปใช้

3. การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์นักเรียนหลังเรียนในกรณีที่มีการเขียนตอบในแบบสอบถาม ไม่ชัดเจน หรือไม่สามาถวิเคราะห์หรือพิจารณาคำตอบได้ ผู้วิจัยจึงทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมหลังจากนักเรียนทำแบบสอบถาม หลังเรียนไปแล้วประมาณ 3 สัปดาห์ ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ 5 – 10 นาที ซึ่งผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของข้อความสัมภาษณ์ แล้วปรับปรุงข้อความก่อนสัมภาษณ์นักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความถี่ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ โดยอ่านคำตอบและการให้เหตุผลของนักเรียนเป็นรายข้ออย่างละเอียดแล้วตีความ ร่วมกับคำตอบจากการสัมภาษณ์หากการเขียนตอบในแบบสอบถาม ไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เกณฑ์ที่ใช้ในการตีความความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยปรับมาจากแนวคิดของ Sins et al. (2009) ทั้งนี้เพื่อให้มีความชัดเจนในการจำแนกซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ปรับปรุง ต่ำ ปานกลาง และสูง จากนั้นจึงรายงานโดยใช้ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจ ญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ระดับ ตามประเด็นที่ศึกษา

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาระดับความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแสดงดังตาราง 2 และเพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนในแต่ละประเด็น ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอรายละเอียดข้อมูลประเด็นละ 1 คำถาม เพื่อเป็นตัวอย่างประเด็นที่ศึกษา ตามลำดับดังนี้

ตาราง 2 แสดงร้อยละความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อน-หลังเรียนด้วย MBL (n = 19)

ประเด็นที่ศึกษา	ข้อ	ระดับความเข้าใจก่อนเรียน (ร้อยละ)				ระดับความเข้าใจหลังเรียน (ร้อยละ)			
		ปรับปรุง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ปรับปรุง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ธรรมชาติของแบบจำลอง	1	0	63.2	26.3	10.5	0	36.8	42.1	21.1
	4	78.9	0	21.1	0	15.8	0	84.2	0
จุดประสงค์ของแบบจำลอง	2	10.5	47.4	42.1	0	0	5.3	84.2	10.5
	10	15.8	0	84.2	0	0	10.5	89.5	0
กระบวนการสร้างแบบจำลอง	3	63.2	0	36.8	0	26.3	0	73.7	0
	6	42.1	0	57.9	0	10.5	5.3	84.2	0
	8	36.8	5.3	57.9	0	0	0	89.5	10.5
การประเมินแบบจำลอง	5	15.8	63.2	15.8	5.3	0	31.6	36.8	31.6
	7	89.5	0	5.3	5.3	57.9	0	42.1	0
	9	100.0	0	0	0	52.6	0	10.5	36.8

หมายเหตุ: ตัวหนาแทนร้อยละสูงสุด

ประเด็นที่ 1: ธรรมชาติของแบบจำลอง

ในประเด็นนี้ให้นักเรียนตอบคำถามในแบบสอบถามทั้งหมด 2 ข้อ คือ ข้อที่ 1 และ 4 ตัวอย่างคำถามข้อที่ 1 ให้นักเรียนเขียนอธิบายนิยามของแบบจำลอง ซึ่งก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจประเด็นธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 63.2 (จำนวน 12 คน) คือ เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นการย่อส่วนของบางอย่างและเป็นสิ่งที่จับต้องได้ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“แบบจำลอง คือ การย่อส่วนบางอย่างให้สามารถมองเห็นหรือจับต้องได้ การทำให้สามารถศึกษาได้ง่ายขึ้น” (S26)

“แบบจำลองเป็นสิ่งที่วัตถุสามารถจับต้องได้” (S36)

หากพิจารณาคำตอบจากแบบสอบถามพบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนเข้าใจว่า แบบจำลองอาจสร้างขึ้นจับต้องได้ แต่ย่อส่วนเพื่อให้การอธิบายนั้น ๆ ง่ายขึ้น

หลังได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 42.1 (จำนวน 8 คน) คือ เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์หรือเป็นตัวแทนของบางสิ่งบางอย่าง เช่น หลักการ แนวคิด ทฤษฎี ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“แบบจำลองเป็นการสร้างสิ่งหนึ่งมาที่เราสามารถเข้าใจทฤษฎีต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น” (S26)

“แบบจำลองเป็นโมเดลที่นักวิทยาศาสตร์ สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายหลักการต่าง ๆ” (S24)

จากการสัมภาษณ์นักเรียน S26 เพิ่มเติม พบบทสัมภาษณ์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ผู้วิจัย: เมื่อได้ยินคำว่าแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองนักเรียนนึกถึงอะไร

นักเรียน (S26): การสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เราสามารถศึกษาได้ง่าย มองเห็นได้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ส่วนแบบจำลอง เช่น โครงสร้างสิ่งประดิษฐ์เล็ก ๆ ที่เราสามารถมองเห็นได้หรือจับต้องได้ หรืออาจเป็นสิ่งที่เรานึกภาพไม่ออกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองก็จะทำให้เราเห็นภาพมากขึ้น

ผู้วิจัย: แบบจำลองที่เราคิดสามารถเป็นอะไรได้บ้าง

นักเรียน (S26): อาจจะมีรูปแบบเป็นกระดาษ พลาสติก เหล็ก ขึ้นเล็ก ขึ้นใหญ่ได้หมดเลย แต่เป็นการเอามาสร้างให้เข้าใจให้เห็นภาพ

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นและมองว่าแบบจำลองเป็นการสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อให้มองเห็นภาพเป็นรูปธรรม เข้าใจทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งแบบจำลองจะเป็นสิ่งของที่มองเห็นหรือจับต้องได้ เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพมากขึ้น ที่นักเรียนมีความเข้าใจเช่นนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างแบบจำลองด้วยตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ด้วยการเขียนวาด หรือจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ (ดังภาพที่ 1 2 และ 3) ที่ถูกใช้เป็นตัวแทนในปรากฏการณ์ที่แตกต่างกัน ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนในการแสดงแนวคิด ความเข้าใจของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจเห็นภาพได้ ก็ทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น โดยนักเรียนคาดหวังว่าแบบจำลองสร้างจากสมมติฐานเพื่ออธิบายแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับสูง

ประเด็นที่ 2: จุดประสงค์ของแบบจำลอง

ในประเด็นนี้ให้นักเรียนตอบคำถามทั้งหมด 2 ข้อ คือ ข้อที่ 2 และ 10 โดยตัวอย่างข้อที่ 2 เป็นการถามนักเรียนว่า “เพราะเหตุใดวิชาวิทยาศาสตร์จึงนิยมใช้แบบจำลอง” ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 47.4 (จำนวน 9 คน) ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เพราะแบบจำลองเกิดจากการทดลองที่มีการพิสูจน์ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร” (S33)

“เพราะวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องหาข้อมูลมาทดสอบสิ่งที่สงสัยว่ามันเกิดขึ้นได้อย่างไร” (S24)

หากพิจารณาคำตอบจะเห็นว่า นักเรียนมองว่าแบบจำลองใช้เพื่อศึกษา ทดสอบ ค้นหาคำตอบ หรือรวบรวมข้อมูลของสิ่งต่าง ๆ อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คืออะไรมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร หรืออาจเพราะนักเรียนสนใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ (การทดลอง) โดยที่กระบวนการดังกล่าวไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 84.2 (จำนวน 16 คน) นั่นคือนักเรียนมองว่าวิชาวิทยาศาสตร์นิยมใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาหรือสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ให้เข้าใจง่ายขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เพราะแบบจำลองทำให้เห็นภาพได้ชัดเจน และสามารถอธิบายหลักการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้” (S33) จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมของนักเรียน S33 พบบทสัมภาษณ์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ผู้วิจัย: จากคำตอบของนักเรียนที่ว่าแบบจำลองทำให้เห็นภาพได้ชัดเจน ให้นักเรียนลองอธิบายประโยคนี้นี้เพิ่มเติมค่ะ

นักเรียน (S33): ก็อย่างเช่น แบบจำลองของดาว เราก็ไม่รู้ว่าดาวจะอยู่อย่างไร โคจรรอบอย่างไร ถ้าเกิดเราทำแบบจำลองการโคจรของดาวรอบดวงอาทิตย์หรือรอบโลก เราก็จะเห็นว่าดาวโคจรไปในทิศทางไหน โคจรรอบอย่างไร ทำให้เราเห็นภาพชัดเจน

ผู้วิจัย: จากคำตอบของนักเรียนที่ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายหลักการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้ ให้นักเรียนลองอธิบายประโยคนี้นี้เพิ่มเติมค่ะ

นักเรียน (S33): อย่างเช่น ถ้าเอากการโคจรของดาวเหมือนเดิม ถ้าสมมติเราไปอ่านในหนังสือ อย่างเช่นว่าดาวโคจรไปทางซ้ายหรือทางขวา ถ้าเราเห็นเป็นแบบจำลองที่ชัดเจน เราก็จะรู้ว่าถ้าอธิบายอย่างนี้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์แล้ว

จากข้อมูลชี้ให้เห็นได้ว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์แบบจำลองของนักเรียนส่วนใหญ่คือ ในวิชาวิทยาศาสตร์นิยมใช้แบบจำลองเพื่อศึกษา เรียนรู้ หรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีกระบวนการอย่างไร หรือใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ให้เข้าใจง่ายขึ้น ซึ่งแท้จริงแล้วนักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้น (Sin et al., 2009) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ถึงการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการแสดงแนวคิด การทำนาย ผ่านชิ้นงานที่นักเรียนได้สร้างขึ้น และพิจารณาข้อจำกัดของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับของเพื่อนและข้อมูลที่ได้ศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้งเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง จึงทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแบบจำลองบทบาทของแบบจำลอง และการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นที่น่าสังเกตว่าจากการสัมภาษณ์นักเรียน นักเรียนยกตัวอย่างอื่นเพิ่มเติมคือการโคจรของดวงดาว ซึ่งนอกเหนือจากกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบจำลองการโคจรของดวงดาวที่นักเรียนเคยพบช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ชัดเจน

ประเด็นที่ 3: กระบวนการสร้างแบบจำลอง

สำหรับประเด็นนี้ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 3 ข้อ คือ ข้อที่ 3, 6 และ 8 ซึ่งในตัวอย่างคำถามข้อที่ 6 เมื่อให้นักเรียนพิจารณาข้อความ “นักเรียนควรตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองก่อนใช้” แล้วให้ตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยพร้อมให้เหตุผลสั้น ๆ ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ตอบเห็นด้วย โดยมีความเข้าใจประเด็นกระบวนการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 57.9 (จำนวน 11 คน) ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“เห็นด้วย เพราะเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ อธิบายครบ” (S34) “เห็นด้วย เพราะเพื่อให้ความน่าเชื่อถือมากขึ้น” (S32)

จากการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบนักเรียนเห็นด้วยว่าควรตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองก่อนใช้เพื่อให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์ น่าเชื่อถือมากขึ้น โดยอยู่ในระดับปานกลางเนื่องจากการทดสอบแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อดูว่าข้อมูลเดิมถูกต้องมากน้อยเพียงใดแล้วแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น

หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับปานกลางเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 84.2 (จำนวน 16 คน) นักเรียนส่วนใหญ่ตอบเห็นด้วยและมองว่าแบบจำลองต้องมีการตรวจสอบข้อมูลให้มีความแน่นอน แม่นยำ และน่าเชื่อถือ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองควรมีข้อผิดพลาดน้อย โดยนักเรียนอธิบายให้เห็นว่าการทดสอบอาจเป็นการค้นหาข้อมูลใหม่ ๆ เพิ่มเติม เพื่อดูว่าข้อมูลเดิมถูกต้องมากน้อยเพียงใดแล้วแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

“เห็นด้วย เพราะบางอย่างอาจเกิดสิ่งผิดพลาดเกิดขึ้นได้ จึงต้องทดสอบเพื่อดูว่าต้องแก้ไขตรงไหนบ้าง มีสิ่งไหนที่ควรเพิ่มเข้ามา” (S35)

จากการสัมภาษณ์นักเรียน S35 เพิ่มเติม พบบทสัมภาษณ์ตัวอย่างต่อไปนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนควรตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองก่อนใช้ นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่

นักเรียน (S35): เห็นด้วย

ผู้วิจัย: เพราะอะไรคะ

นักเรียน (S35): เพราะแบบจำลองอาจมีบางอย่างผิดพลาดได้ และทำให้ได้ข้อมูลที่ต้องคะ ตอนนำไปใช้หรือนำไปศึกษาจะมีข้อมูลที่ถูกต้องคะ

ผู้วิจัย: เราสามารถตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองได้อย่างไร

นักเรียน (S35): มีการทดลอง หาข้อมูลเพิ่มเติม หรือจำลองแบบจำลองหลายๆ ครั้ง

ผู้วิจัย: เราตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองเพื่ออะไร

นักเรียน (S35): เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีขึ้น อธิบายสิ่งที่เราศึกษาได้ถูกต้องคะ

หากพิจารณาคำตอบจากแบบสอบถามจะเห็นว่านักเรียนเขียนว่าการตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองเพื่อดูว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดอะไร ควรแก้ไขตรงไหน แต่เมื่อสัมภาษณ์เพิ่มเติมนักเรียนให้สัมภาษณ์ว่าการตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองสามารถทำได้โดยการทดลอง ซึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้ได้ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่า นักเรียนมีวิธีการทดสอบแบบจำลองอย่างไรบ้าง เพื่อหาข้อบกพร่องของแบบจำลอง ทำให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่าการทดสอบแบบจำลองมีทั้งการทำการทดลอง การหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือจำลองแบบจำลองนั้นหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีขึ้น สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้สร้างแบบจำลองครั้งแรกจากประสบการณ์และความรู้เดิมซึ่งอาจไม่ถูกต้อง ซึ่งเมื่อย้อนกลับไปพิจารณาคำตอบก่อนเรียนของนักเรียนที่ S35 ซึ่งมีความเข้าใจในระดับต่ำ นักเรียนตอบว่า “เห็นด้วย เพราะต้องตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้” ซึ่งนักเรียนยังมีความเข้าใจเพียงว่าการทดสอบแบบจำลองเป็นเพียงการสร้าง หรือแก้ไขแบบจำลอง ไม่ได้กล่าวถึงหลักฐานหรือข้อมูลที่นำมาปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น แต่หลังจากได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม แล้วให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองที่ตนเองได้สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนว่ามีข้อบกพร่องหรือสิ่งที่ต้องเพิ่มอย่างไรทำให้นักเรียนได้ข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจแตกต่างจากความรู้เดิมจึงทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงความคิดและรูปแบบความเข้าใจให้ถูกต้องมากขึ้น จึงนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองอีกครั้งให้สมบูรณ์กว่าเดิม

ประเด็นที่ 4: การประเมินแบบจำลอง

ประเด็นนี้ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 3 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 5, 7 และ 9 ซึ่งคำถามข้อที่ 5 ถามนักเรียนว่า “นักเรียนจะตัดสินใจว่าแบบจำลองนั้น ๆ ถูกต้องได้อย่างไร” พบว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 63.2 (จำนวน 12 คน) ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“แบบจำลองต้องสามารถอธิบายเกี่ยวกับสิ่งนั้นได้สมเหตุสมผลถูกต้อง อธิบายได้ทั้งหมด” (S34)

“สามารถทดสอบแล้วเกิดได้จริง ใกล้เคียงความจริง” (S36)

จากลักษณะคำตอบก่อนเรียน นักเรียนกลุ่มนี้เชื่อว่าการตัดสินแบบจำลองนั้น ๆ ว่าถูกต้องจะตัดสินจากการตรวจสอบแบบจำลองตามหลักการหรือเหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือ หรือนำไปเปรียบเทียบกับความจริง

หลังได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนเปลี่ยนแปลงความเข้าใจอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 36.8 (จำนวน 7 คน) โดยพิจารณาจากคุณภาพของการตอบคำถามในแบบสอบถามของนักเรียน ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

“สามารถอธิบายเหตุการณ์ ทฤษฎีนั้นได้ครบ ถูกต้อง และต้องมีการประเมินและเปรียบเทียบแบบจำลองนั้น ๆ กับข้อมูลที่มีเพิ่มเติม” (S34)

“มีการตรวจสอบโดยสอบถามผู้เชี่ยวชาญ หรือสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพื่อกำหนดตัดสินว่าแบบจำลองนั้น ๆ ถูกต้อง” (S32)

หากพิจารณาคำตอบจะเห็นว่านักเรียนมองว่าแบบจำลองที่ถูกต้องจะตัดสินจากการเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นั่นคือนักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลหรือหลักฐานในการประเมินแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนได้ทำในขั้นตอนการประเมินแบบจำลองของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยอภิปรายเชื่อมโยงการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นของนักเรียนในแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกัน เพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนคิดว่าแบบจำลองของกลุ่มตนเองและของกลุ่มเพื่อนที่สามารถอธิบายข้อมูลได้ดีที่สุด เพราะเหตุใด เพื่อสรุปเป็นแบบจำลองของห้องเรียน นำไปสู่การปรับแบบจำลองให้ดีขึ้น

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา ผู้วิจัยจะอภิปรายประเด็นความเข้าใจญาณวิทยาของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ธรรมชาติของแบบจำลอง ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่จับต้องได้ เป็นการย่อส่วนบางสิ่งบางอย่างและสาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้อาจมาจากแบบจำลองที่นักเรียนรู้จักหรือเคยพบในชีวิตประจำวันที่เป็นการย่อขนาด ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปร่างหรือสิ่งของที่สามารถจับต้องได้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Grosslight et al. (1991) ที่กล่าวว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยกตัวอย่างของแบบจำลองในลักษณะที่เป็นวัตถุ สิ่งของ ที่สามารถจับต้องได้ แต่หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนเปลี่ยนระดับความเข้าใจมาอยู่ในระดับปานกลาง จะเห็นว่านักเรียนอธิบายนิยามของแบบจำลองว่าเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือเป็นตัวแทนบางสิ่งบางอย่าง เช่น หลักการ แนวคิด ทฤษฎี เพื่อให้เข้าใจสิ่งนั้นได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้โดยนักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนและอธิบายปรากฏการณ์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจ คิด และพยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบและสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์นั้น ๆ ซึ่งสะท้อนความรู้และการคิดของนักเรียนดังผลงานของนักเรียนจากตารางที่ 1 พร้อมนำเสนอและอภิปรายแบบจำลองที่ตนเองได้สร้างขึ้นว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างไร ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนในการแสดงแนวคิด ความเข้าใจของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพได้ นักเรียนจึงเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น (ธัญญา คงทน และคณะ, 2559) รวมทั้งครูใช้คำถามที่บ่งชี้เกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของแบบจำลอง เช่น “จากสิ่งเรามาสร้างขึ้นมา มันเรียกว่าแบบจำลองได้หรือไม่ อย่างไร” หรือ “นักเรียนนิยามคำว่า แบบจำลอง ว่าอย่างไร” ซึ่งเป็นการชักนำให้นักเรียนเกิดการอภิปรายร่วมกัน จึงช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Margarita, Margarita & Georgios (2005) พบว่าการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองทำให้นักเรียนรู้กระบวนการได้มาของแบบจำลอง ถือได้ว่ากิจกรรมและกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Papaevripidou, Nicolaou & Constantinou, 2014;

Namdar & Shen, 2015) นอกจากนี้ยังมีบางมุมมองที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงในการทำวิจัยครั้งนี้ เช่น แบบจำลองอาจจะมีขนาดเล็กกว่า ใหญ่กว่าหรือใกล้เคียงกับเป้าหมาย เนื่องจากแบบจำลองสร้างขึ้นเพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษาง่ายขึ้น และถ้าต้องการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ให้ครอบคลุมจำเป็นต้องใช้แบบจำลองที่หลากหลาย ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนต้องบ่งชี้ลักษณะของแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในทุก ๆ มุมมอง โดยใช้เวลาแก่นักเรียนในการอธิบายเพื่อสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองด้วย

ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์ของแบบจำลอง สำหรับการศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์ของแบบจำลอง เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับต่ำว่าแบบจำลองใช้เพื่อทดสอบ ค้นหาคำตอบ หรือรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้อาจมาจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยและไม่เข้าใจว่าแบบจำลองมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์อย่างไร เนื่องจากครูอาจจะยังไม่ตระหนักถึงบทบาทและความสำคัญของแบบจำลองที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ และพัฒนาแบบจำลอง และไม่ได้กล่าวถึงบทบาทของแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์อย่างตรงไปตรงมา (ลฎาภา ลดาชาติ และลือชา ลดาชาติ, 2560) และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับปานกลาง นั่นคือนักเรียนมองว่าแบบจำลองสร้างขึ้นเพื่อสื่อสารความรู้หรือข้อมูลต่าง ๆ ให้เห็นภาพและให้เข้าใจมากขึ้น รวมทั้งแบบจำลองช่วยทำความเข้าใจว่าสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างไรหรือมีกระบวนการอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Grosslight et al. (1991) ที่พบว่านักเรียนกล่าวว่าแบบจำลองช่วยให้เข้าใจและอธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร โดยในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลอง เช่น การสร้างแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ การเขียนโครงสร้างลิวอิส การต่อแบบจำลองจากแผ่นอะตอม การสร้างแบบจำลองจากลูกโป่ง โดยนักเรียนได้สร้างแบบจำลองจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกครั้ง และให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากโมเลกุลที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้น ช่วยนำเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ทำให้นักเรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ที่ศึกษาคัดเจนมากขึ้น มากไปกว่านั้นครูให้นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญและเข้าใจการได้มาของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นและยังเน้นย้ำให้นักเรียนได้อธิบายผ่านชิ้นงานที่ตนเองได้สร้างขึ้นผ่านการใช้คำถามที่ครอบคลุมแนวคิดความเข้าใจประเด็นจุดประสงค์ของแบบจำลองที่ต้องการสอน เช่น นักเรียนคิดว่า “เพราะเหตุใดแบบจำลองถึงถูกนำมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์” และ “แบบจำลองมีประโยชน์ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้นอย่างไร” เป็นต้น ซึ่งส่งผลทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์ว่ามีประโยชน์อย่างไรและสร้างขึ้นมาเพื่ออะไร

ประเด็นที่ 3 กระบวนการสร้างแบบจำลอง ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับปานกลาง โดยเห็นด้วยว่าควรทดสอบหรือตรวจสอบแบบจำลองก่อนใช้ เพราะจะทำให้แบบจำลองสมบูรณ์มากขึ้น มีความน่าเชื่อถือ และมีความผิดพลาดน้อย จะเห็นว่านักเรียนมีความรู้เดิม (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561) เกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง ทั้งนี้มาจากนักเรียนได้นำความรู้ที่ได้เรียนในเรื่องโครงสร้างอะตอมมาตอบคำถาม โดยนักเรียนเคยทำกิจกรรม “กล่องปริศนา” ที่ให้นักเรียนได้ศึกษาวัตถุที่อยู่ในกล่องด้วยการเขย่าและฟังเสียงแล้วให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองจากสิ่งที่ไม่เห็นที่อยู่ภายในกล่อง หลังจากนั้นได้ให้ศึกษาวัตถุที่อยู่ในกล่องโดยใช้อุปกรณ์ช่วยแล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบภาพวาดจากแบบจำลองทั้งสองครั้ง ซึ่งนักเรียนจะเห็นว่าเมื่อมีอุปกรณ์ทำให้นักเรียนเห็นว่าแบบจำลองมีรายละเอียดมากขึ้น เหมือนกับการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ หากมีเทคโนโลยีหรือมีข้อมูลใหม่เพิ่มเข้ามาจะทำให้แบบจำลองเปลี่ยนแปลงไปได้ ส่วนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับปานกลางเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมองว่าการตรวจสอบหรือทดสอบแบบจำลองทำเพื่อดูว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดอะไร ควรแก้ไขตรงไหน ซึ่งสามารถทำได้โดยการทดลอง การหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือจำลองแบบจำลองนั้นหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ถูกต้อง โดยข้อมูลและหลักฐานเป็นสิ่งสำคัญที่จะมายืนยันในสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์

ค้นพบเช่นเดียวกับความรู้วิทยาศาสตร์ (นพักษร สังวาลเพ็ชร ชาทรี ฝ่ายคำตา และอภิสิษฐ์ ศงสะเสน, 2560) เพราะเพียงความคิดอย่างเดียวไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแบบจำลองหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในชั้นการปรับปรุงแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์จากหลอดกำมะหยี่และลูกปัด การสร้างแบบจำลองจากแผ่นอะตอม การสร้างแบบจำลองรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์จากลูกโป่ง (ดังภาพที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) หรือจากการต่อ molecular model kits แล้วให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองที่ตนเองได้สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ รวมทั้งในขั้นตอนนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองว่ามีข้อบกพร่องหรือสิ่งที่จะต้องเพิ่มอย่างไรเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ประเด็นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง สำหรับประเด็นนี้ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มองว่าการตัดสินแบบจำลองนั้น ๆ ว่าถูกต้องหรือไม่จะตัดสินหรือประเมินจากการตรวจสอบแบบจำลองตามหลักการหรือเหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือ หรือนำไปเปรียบเทียบกับความจริง ซึ่งความเข้าใจเช่นนี้เป็นความเข้าใจในระดับต่ำ เนื่องจากแท้จริงแล้วการตัดสินหรือประเมินแบบจำลองนั้น ๆ ว่าถูกต้องหรือไม่นั้นจะประเมินจากการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการวัดทดสอบ หรือทดลองเพิ่มเติม รวมทั้งจากความคิดเห็นของนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ คน (Sins et al., 2009) มากไปกว่านั้นยังมีนักเรียนให้เหตุผลที่ไม่ครอบคลุมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในระดับปรับปรุง โดยให้เหตุผลว่าแบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่ที่สามารถอธิบายได้ดีกว่า หรือแบบจำลองแต่ละอันอธิบายข้อมูลต่างกันจึงตัดสินไม่ได้ว่าแบบจำลองใดดีที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนในเรื่องโครงสร้างอะตอม โดยแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่เพิ่มขึ้น มีการทดลองเพิ่มเติม มีทฤษฎีหรือหลักฐานใหม่ ๆ มาพิสูจน์ เพื่อนำไปสู่แบบจำลองใหม่และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนพัฒนาระดับความเข้าใจดีขึ้นในระดับปานกลาง โดยนักเรียนเชื่อว่าแบบจำลองจะประเมินจากเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นั่นคือนักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลหรือหลักฐานในการประเมินแบบจำลอง เนื่องจากนักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับของเพื่อน ข้อมูลเชิงประจักษ์จากชีวิตจริงหรือแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เมื่อนักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นครั้งแรกมาอภิปรายเปรียบเทียบกับข้อมูลใหม่เพิ่มเติมที่ต่างจากข้อมูลเดิม โดยการประเมินของนักเรียนในแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีที่สุด เพราะเหตุใด เพื่อสรุปเป็นแบบจำลองของห้องเรียน นำไปสู่การปรับแบบจำลองให้ดีขึ้น ทำให้นักเรียนรู้ถึงกระบวนการในการประเมินแบบจำลองเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งยังมีความเข้าใจอยู่ในระดับปรับปรุง แต่ก็ได้เห็นมุมมองของนักเรียนในการตีความเกี่ยวกับการประเมินแบบจำลอง เช่น แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาได้ตามความรู้ที่มี และสามารถค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ได้เสมอ จึงไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองอันใดดีที่สุด จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีมุมมองความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินแบบจำลองว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มี ถ้าข้อมูลเปลี่ยนแปลงไป แนวคิดของแบบจำลองก็เปลี่ยนไปด้วยซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Conley, Pintrich, Vekiri & Karrison (2004) ที่กล่าวว่า ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อการให้เหตุผลและอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตนเองจะทำให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการได้มาของแบบจำลอง และผู้สอนควรใช้คำถามที่บ่งชี้ถึงประเด็นต่าง ๆ ของญาณวิทยาในทุก ๆ ด้าน เพื่อจะให้นักเรียนได้สะท้อนคิดและเข้าใจญาณวิทยามากขึ้น รวมทั้งผู้สอนควรอภิปรายถึงข้อจำกัดของแบบจำลองว่ามีอะไรบ้างที่แบบจำลองนั้น ๆ ไม่สามารถอธิบายและทำนายผลได้

2. ในขั้นการประเมินแบบจำลอง ผู้สอนควรอภิปรายเชื่อมโยงการประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในแต่ละกลุ่มแล้ว ให้แต่ละกลุ่มนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอภิปรายเปรียบเทียบกัน เพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนคิดว่าแบบจำลองของกลุ่มตนเอง หรือของกลุ่มเพื่อนที่สามารถอธิบายข้อมูลได้ดีที่สุด พร้อมทั้งให้เหตุผล จากนั้นค่อยสรุปเป็นแบบจำลองของห้องเรียน ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนเข้าใจในประเด็นกระบวนการสร้างแบบจำลองควรให้นักเรียนทดสอบแบบจำลอง และร่วมกันอภิปรายข้อบกพร่องของแบบจำลองที่ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ซึ่งวิธีการทดสอบสามารถทำได้ทั้ง การทดลอง การหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือจำลองแบบจำลองนั้นหลาย ๆ ครั้ง เช่น ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ที่อธิบายทั้งการเกิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม โดยนักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองหลายครั้ง ทำให้นักเรียน เห็นข้อบกพร่องของแบบจำลองแล้วแก้ไขแบบจำลองให้ดีขึ้น และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ถูกต้อง

4. การเก็บข้อมูลความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ควรเพิ่ม การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ก่อนเรียน เพื่อช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อแบบจำลองและ กระบวนการสร้างแบบจำลองมากขึ้น

5. จากการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนยังมีความเข้าใจในประเด็นการประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับปรับปรุง ดังนั้น ควรศึกษาประเด็นการประเมินแบบจำลองและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจประเด็นการประเมิน แบบจำลองในระดับที่สูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองร่วมกับความ เข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องอื่น ๆ ที่เป็นนามธรรม เช่น พันธะไอออนิก พันธะโลหะ ไฟฟ้าเคมี ซึ่งจะเป็นแนวทางการจัด กิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับ แบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่ให้ทุน สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธัญญา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ, และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 62-76.
- ธีรดา ชาตวรณ, อติยา บงกชเพชร, และอนุสรณ์ วรสิงห์. (2562). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับ เทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเวเลนต์. *วารสารมนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดงขาม*, 13(1), 266-281.
- นพภัทร สังวาลเพ็ชร, ชาตรี ฝ่ายคำตา และอภิสิทธิ์ ศงสะเสน. (2560). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างอะตอม. *วารสารหน่วย วิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(2), 271-296.
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพจนารถ สุวรรณจุ. (2557). ความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 25(1), 37-50.

- รวีวรรณ เมืองรามัญ และศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกของเรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 4(1), 38-45.
- ลฎาภา ลดาชาติ และลือชา ลดาชาติ. (2560). มุมมองความและความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครู วิทยาศาสตร์. *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน*, 10(3), 149-162.
- ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2561). ความรู้เดิมของนักเรียน: อุปสรรคหรือทรัพยากร. *วารสารหน่วยวิจัย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 9(2), 324-339.
- ศุภกาญจน์ รัตนกร. (2552). การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2558). *การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy)*. เข้าถึงจาก http://www.dusitaram.ac.th/download/pisa_training/4_Science/4.pdf.
- สุริยะ คุณวันดี. (2560). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองเรื่อง ภาวะเรือนกระจก (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Bergqvist, A., Drechsler, M., De Jong, O., & Rundgren, S., (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks – help or hindrance for understanding?. *Chemical Education Research and Practice*, 14(4), 589-606.
- Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C., Horwiz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., et al. (2004). Model-based teaching and learning with biologicaTM: What do they learn? how do they learn? how do we know?. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 23-41.
- Coll, R. K. (1999). *Learners' mental models of chemical bonding* (Thesis of Doctor Degree). Curtin University of Technology.
- Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I., & Karrison, D. (2004). Change in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29(2), 186-204.
- 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.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C.L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*, 12(2), 151-183.
- Harrison, A. G., & Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

- Joki, J., & Asksela, M., (2018). The challenges of learning and teaching chemical bonding at different school levels using electrostatic interactions instead of the octet rule as a teaching model. *Chemical Education Research Practice*, 19, 932-953.
- Jonassen, D. H., Strobel, J., & Gottdenker, J. (2005). *Modelling for meaningful learning*. In *Learning sciences and Technologies Group (Ed.), Engaged learning with emerging technologies* (pp. 1-28). Dordrecht, The Netherlands: Springer Verlag.
- Justi, R.S., & Gilbert, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Margarita, K., Margarita, D., & Georgios, T. (2005). Instructional misconceptions in acid-base equilibria: An analysis from a history and philosophy of science perspective. *Science & Education*, 14, 173-193.
- Namdar, B., & Shen, J. (2015). Modeling-oriented assessment in K-12 science education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions. *International Journal of Science Education*, 37(7), 993-1023.
- Papaevripidou, M., Nicolaou, C.T., & Constantinou, C.P. (2014). On Defining and Assessing Learners' Modelling Competence in science Teaching and Learning. In *Annual Meeting of American Educational Research Association (AERA)*. (pp. 115-131). USA: American Educational Research Association.
- Schwarz, C. V. & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R., van Joolingen, W. R., & van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2009). The relation between students' epistemological understanding of computer models and their cognitive processing on a modelling task. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1205-1229.
- Spector, J. M. (2000). System dynamics and interactive learning environments: Lessons learned and implications for the future. *Simulation and Gaming*, 31(4), 528-535.
- Spector, J. M., & Davidsen, P. I. (1997). Creating engaging courseware using system dynamics. *Computers in Human Behaviour*, 13(2), 127-155.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. D., & Mamiala T. L. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34(1), 1-20.
- Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education*, 30, 543-568.