

บทความวิชาการ (Academic Article)

การสร้างและใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

MODELING PRACTICE AND USE IN SCIENCE CLASSROOM

Received: December 24, 2020

Revised: January 12, 2021

Accepted: January 14, 2021

อนุพงศ์ ไพรศรี^{1*} ชาตรี ฝ่ายคำตา² เอกรัตน์ ทานาค³ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ⁴ และเอกภูมิ จันทรขันธ์⁵
Anupong Praisri^{1*} Chatree Faikhamta² Akarat Tanak³ Pongprapan Pongsophon⁴ and Ekgapoom Jantarakantee⁵

^{1,2,3,4,5}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์^{1,2,3,4,5} Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: anupong.pr@ku.th

บทคัดย่อ

การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการสร้างแบบจำลองมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนคิดและทำอย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายหรือ/และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและใช้เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ครูวิทยาศาสตร์ยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนอยู่ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายและบทบาทของแบบจำลอง และใช้แบบจำลองต่างจากนักวิทยาศาสตร์ เช่น ครูเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับครูในการสื่อสารให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือกระบวนการที่ซับซ้อน มากกว่าใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนขอเสนอว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองขึ้นมาได้อย่างไร และครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอย่างไร อีกทั้งใช้แบบจำลองในห้องเรียนอย่างไร ผู้เขียนหวังว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์กับครูวิทยาศาสตร์สำหรับการปรับใช้แบบจำลองเหมือนกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ รวมไปถึงนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ศึกษา และอื่นๆ สามารถนำผลของการวิจัยเป็นข้อมูลในการพัฒนานักเรียน ครูหรือหลักสูตรเกี่ยวกับการปฏิบัติสร้างแบบจำลองต่อไป

คำสำคัญ: การปฏิบัติวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง ธรรมชาติของแบบจำลอง แบบจำลองวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์

Abstract

Doing science as modeling practice aims to foster students' thinking as scientists who create models for explaining or/and predicting natural phenomena and being scientific inquiry tools. On the other hand, from intensive literature review, science teachers also have misunderstood of scientific modeling, and then understood the goals and roles of models and used them inappropriately compared to the scientists do. For example, teachers understand that models are used as a tool for communicating scientific concepts that are invisible with the naked eye, or process complexity rather than as a tool for developing scientific knowledge. Therefore, the purpose of this study is to explain about modeling practice and how to effectively use in a science classroom in line with the work of scientists. The author then would like to present how scientists create models and in what way science teachers' understanding of the nature of model, modeling and their use in a science classroom. The authors hope that the findings of this

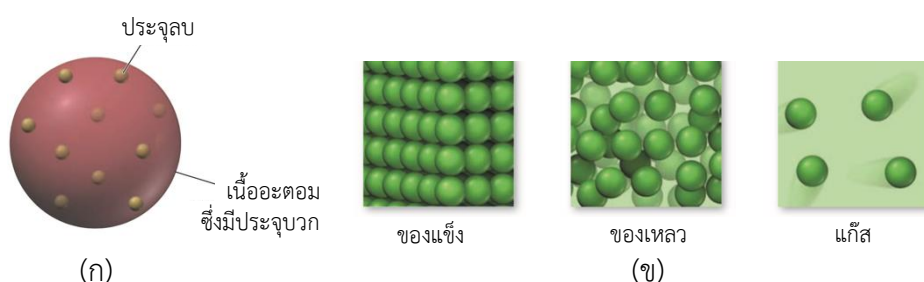
review will be useful to science teachers for using models as scientists use. Researchers, science educators and others could take the findings for enhancing teachers, students, or curriculum designers on modeling practice.

Keywords: Science Practices, Modeling Practice, Nature of Model, Scientific Model, Science Teacher

บทนำ

แบบจำลองมีบทบาทสำคัญในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างสมเหตุสมผล (Osborne, 2014) โดยแบบจำลองดังกล่าวนั้นถือว่าเป็นตัวแทนในการเชื่อมโยงความคิดของนักวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในการสื่อความหมายของข้อมูล หรือปรากฏการณ์เหล่านั้น เรียกว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) (Windschitl & Thompson, 2006; Oh & Oh, 2011) ตัวอย่างเช่น แบบจำลองอะตอมของทอมสัน โดยทอมสันมีความสงสัยว่าโครงสร้างภายในอะตอมนั้นเป็นอย่างไร เขาจึงทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของแก๊สโดยใช้หลอดรังสีแคโทด ซึ่งผลการทดลองพบว่า รังสีแคโทดที่มีความเป็นลบเบนหาขั้วไฟฟ้าบวก จากผลการทดลองดังกล่าวทำให้ทอมสันคิดว่าเกิดอะไรขึ้น (What happen) และทำไมถึงเป็นแบบนั้น (Why) จากนั้นเขานำผลการทดลองที่ได้มาสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายและทำนายว่า ภายในอะตอมมีอนุภาคประจุลบเป็นองค์ประกอบ และใช้แบบจำลองดังกล่าวเป็นตัวแทนในสิ่งที่เกิดขึ้น แสดงดังภาพ 1ก

แบบจำลองวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Faikhamta & Supatchaiyawong, 2014) โดยแบบจำลองเป็นความรู้ประเภทหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีความเข้าใจยาก ซับซ้อนและเป็นนามธรรม (Windschitl et al., 2008; Gilbert, 2004) ตัวอย่างเช่น อนุภาคของสสารเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยการทำการทดลองเปรียบเทียบสมบัติรูปร่าง ปริมาตร และความหนาแน่นของสสาร และนำผลการทดลองมาสื่อสารให้เข้าใจง่ายในรูปของแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสสารทั้ง 3 สถานะ (ภาพ 1ข) ดังนั้น แบบจำลองวิทยาศาสตร์จึงเป็นตัวแทนที่ช่วยอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีความเป็นนามธรรมให้มีความสมเหตุสมผล และยังเป็นองค์ความรู้หนึ่งที่มีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Giere as cited in Windschitl & Thompson, 2006) เช่น ใช้แบบจำลองในการตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน ทำการทดลอง รวบรวมหลักฐาน อันจะนำไปสู่การสร้างทฤษฎีใหม่ ๆ และสื่อสารแนวคิดที่ได้ให้กับผู้อื่น



ภาพ 1 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน (ก) แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสสาร (ข)

ที่มา: Tro (2010, p. 50, 7)

สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเข้าใจยากนั้นจำเป็นต้องใช้แบบจำลองวิทยาศาสตร์เป็นตัวช่วยในการอธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้น แบบจำลองจึงมีความสำคัญในการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้แบบจำลองเป็นสมมติฐานเพื่อนำไปสู่ข้อค้นพบหรือคำอธิบายวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ (Gilbert, 2004; Oh & Oh, 2011; zu Belzen et al., 2019) ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีกระบวนการคิดในการพัฒนาองค์

ความรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองและปฏิบัติเหมือนกับกระบวนการการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้จากการให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Learning science) สู่การกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Learning about science) จนนำไปสู่การให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ (Doing science) (Hodson, 2014) ซึ่งเป็นการจำลองการเรียนรู้เหมือนกับที่กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ใช้สร้างองค์ความรู้ร่วมกันผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2016) ดังนั้น จึงมีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้การปฏิบัติสร้างแบบจำลอง (Modeling practices) หรือการสร้างและใช้แบบจำลอง (Developing and using models) ซึ่งเป็น 1 ใน 8 ของการปฏิบัติวิทยาศาสตร์ (Science practices) ของมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards หรือ NGSS) ประเทศสหรัฐอเมริกา (NGSS Lead States, 2013) ซึ่งจุดเน้นของมาตรฐานดังกล่าวคือ การให้นักเรียนได้ทำงานหรือปฏิบัติเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ สำหรับเป้าหมายของการใช้แบบจำลอง คือ ใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างสมเหตุสมผล เช่น นักเรียนสร้างแบบจำลอง (ความรู้) ในชุมชนห้องเรียนของตนเอง ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นบอกเหตุผลว่าปรากฏการณ์เกิดขึ้นได้อย่างไร (How) และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น (Why) NGSS ยังได้นิยามแนวปฏิบัติการสร้างแบบจำลองออกเป็น 2 ประเด็น คือ 1) แบบจำลองสามารถใช้เป็นตัวแทนของแนวคิด อธิบาย ทำนาย และสื่อสาร 2) แบบจำลองสามารถใช้สร้างและปรับปรุงการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (NGSS Lead States, Appendix F NGSS Lead States, 2013) ดังนั้น การที่นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ ก็จะส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการคิดพัฒนาแบบจำลองเหมือนนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ยังให้ความสำคัญกับแบบจำลองโดยการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (OECD, 2016) สำหรับประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคือการเพิ่มเป็นทักษะที่ 14 ของกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งบูรณาการอยู่ในหลักสูตรที่ปรับปรุงใหม่ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้มีทักษะการสร้างแบบจำลองเพื่อสื่อสารแบบจำลองรูปแบบต่างๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจ เช่น กราฟ รูปภาพ สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น (IPST., 2561) จะเห็นได้ว่า NGSS, PISA และ สสวท. ต่างให้ความสำคัญกับแบบจำลองโดยให้นักเรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลอง โดยเฉพาะการปฏิบัติสร้างแบบจำลอง นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองและพัฒนาแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ รวมไปถึงเข้าใจธรรมชาติและบทบาทของการใช้แบบจำลองที่มีเป้าหมายตรงกันกับนักวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทและธรรมชาติของแบบจำลอง พบว่า ครูส่วนใหญ่มียังความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ (Ladachart & Ladachart, 2017) ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปด้วย (Grosslight et al., 1991; Gogolin & Krüger, 2018) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า ครูส่วนใหญ่ใช้แบบจำลองโดยมีวัตถุประสงค์ต่างจากนักวิทยาศาสตร์ (Kite et al., 2020) การใช้แบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์ของครูนั้นอาจจะส่งผลให้นักเรียนขาดกระบวนการคิดและสร้างแบบจำลองเหมือนนักวิทยาศาสตร์และทำให้การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไร้ความหมาย ดังนั้น บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองและการนำแบบจำลองไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนหวังว่าเมื่อผู้อ่านได้ศึกษาบทความนี้จะมีความเข้าใจแบบจำลองอย่างลึกซึ้งและสามารถนำแบบจำลองไปใช้สอนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้เขียนแบ่งหัวข้อออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นเล่าถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เพื่อฉายภาพว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองขึ้นมาได้อย่างไร บทบาทของแบบจำลองเป็นอย่างไร และส่วนที่สองจะเล่าถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อฉายภาพว่าครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจอยู่ในระดับใด ความเข้าใจดังกล่าวส่งผลต่อการนำแบบจำลองไปใช้งานในห้องเรียนอย่างไร ซึ่งผู้เขียนเสนอผลจากงานวิจัยที่สะท้อนวัตถุประสงค์ใช้แบบจำลองของครูทั้งสอดคล้องและไม่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้เสนอแนะตัวอย่าง

แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและการปฏิบัติสร้างแบบจำลองอย่างมีประสิทธิภาพในส่วนท้ายของบทความ

บทบาทของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรม ต่าง ๆ ผู้เขียนสามารถสรุปหรือสังเคราะห์บทบาทของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

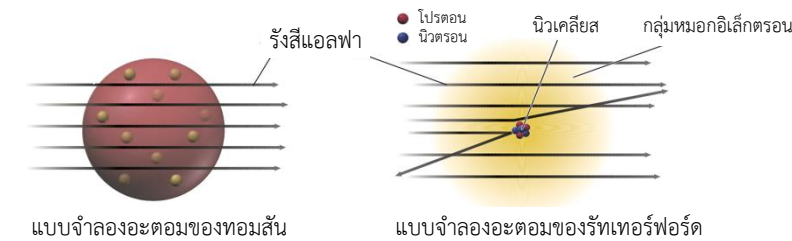
1. นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความเข้าใจยาก ซับซ้อนและเป็นนามธรรมบนพื้นฐานของข้อมูลจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์และเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เหล่านั้น ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวสร้างขึ้นมาเพื่ออธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์บางส่วน ไม่ได้จำลองให้เหมือนของจริงทุกประการ

แบบจำลองวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายในการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความเข้าใจยาก ซับซ้อนและเป็นนามธรรมอย่างสมเหตุสมผล และเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เหล่านั้น โดยปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาสร้างเป็นแบบจำลองได้แก่ โครงสร้าง กระบวนการ หรือระบบที่เข้าถึงได้ยากเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องความเป็นนามธรรม หรือขนาด (zu Belzen et al., 2019, p. 10) เพื่อให้เห็นภาพชัดขึ้นผู้เขียนขอยกตัวอย่างดังนี้ ความเป็นนามธรรม (Abstractness) เช่น แบบจำลองอะตอม เพราะไม่มีใครเคยเห็นอะตอม แต่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองและนำผลการทดลองที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างเป็นแบบจำลองควบคู่กับจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายและทำนาย รวมทั้งใช้เป็นตัวแทนของอะตอม หรือขนาด (Size) เช่น ระบบสุริยะ เนื่องจากระบบใหญ่มาก ไม่สามารถมองเห็นได้จริงทั้งระบบ นักวิทยาศาสตร์จึงนำข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสร้างแบบจำลองระบบสุริยะให้มีขนาดเล็กลง หรือแบบจำลองโครงสร้างของเซลล์ เนื่องจากองค์ประกอบของเซลล์เล็กเกินที่จะมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ นักวิทยาศาสตร์จึงนำข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสร้างแบบจำลองให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่ออธิบายและใช้เป็นตัวแทนระบบสุริยะและเซลล์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์บางส่วน (Van Der Valk et al., 2007) ไม่ได้จำลองให้เหมือนของจริงทุกประการ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองอะตอม นักวิทยาศาสตร์หลายท่านศึกษาอะตอมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเฉพาะโครงสร้างภายในของอะตอมว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง กระบวนการที่เกิดขึ้นภายในเป็นอย่างไร ทั้งๆ ที่ไม่มีใครเคยเห็นอะตอมมาก่อน ฉะนั้น เป็นไปได้ยากที่นักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองได้เหมือนกับของจริง อีกตัวอย่างหนึ่งคือ แบบจำลองระบบสุริยะ แม้ว่าปรากฏการณ์จะมองเห็นได้ แต่นักวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองที่คล้ายกับของจริงเฉพาะจำนวนและลักษณะการโคจรของดาวเคราะห์ต่างๆ เป็นต้น (Ladachart & Ladachart, 2017, p. 151)

2. นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหรือแสวงหาความรู้ หรืออีกนัยหนึ่งเพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นความรู้ประเภทหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น

แบบจำลองวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือเป็นเครื่องมือในการแสวงหาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน ทำการทดลอง รวบรวมหลักฐาน อันจะนำไปสู่การสร้างทฤษฎีหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ และสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นต่อไป (zu Belzen et al., 2019, p. 10) เช่น การสร้างและพัฒนาแบบจำลองอะตอม รัทเทอร์ฟอร์ดนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ศึกษาโครงสร้างอะตอมเพิ่มเติม โดยใช้แบบจำลองอะตอมของทอมสันเป็นกรอบแนวคิดในการตั้งสมมติฐานว่า ถ้าทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำบางแล้ว อนุภาคจะทะลุผ่านแผ่นทองคำเป็นเส้นตรง เนื่องจากทอมสันได้ให้คำอธิบายและทำนายว่า ประจุบวกและประจุลบกระจายกันทั่วอะตอม แต่ผลการทดลองกลับพบว่า อนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่ทะลุผ่านเป็นเส้นตรง ส่วนน้อยมีการเบี่ยงเบนทิศทาง และนานๆ ครั้งจะมีสะท้อนกลับมา ผลการทดลองที่ได้นั้นขัดแย้งกับการทำนายและคำอธิบายของทอมสัน ทำให้แบบจำลองอะตอมของทอมสันถูกปฏิเสธหรือหักล้างสมมติฐานด้วยการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด และได้ให้การทำนายหรือคำอธิบายใหม่ว่า อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียส ที่มีขนาดเล็กมากอยู่ภายในและมีประจุไฟฟ้า

เป็นบวก (โปรตอน) และมีอิเล็กตรอนอยู่ล้อมรอบ (Tro, 2010) แสดงดังภาพ 2 ต่อมามีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการศึกษาโครงสร้างอะตอม โดยใช้แบบจำลองของรัทเทอร์ฟอร์ดเป็นกรอบแนวคิดและพัฒนาแบบจำลองมาถึงปัจจุบัน



ภาพ 2 สมมติฐานแบบจำลองอะตอมของทอมสันและรัทเทอร์ฟอร์ด

ที่มา: Tro (2010, p. 51)

การใช้แบบจำลองของครูในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

สิ่งที่บ่งชี้ถึงความสามารถหรือคุณภาพของการใช้แบบจำลองของครูในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2 ส่วน ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองของครูวิทยาศาสตร์ และครูใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร หรืออีกนัยหนึ่งผลของความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองของครูส่งผลต่อการนำแบบจำลองไปใช้อย่างไร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง จากการทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ผู้เขียนสามารถสรุปหรือสังเคราะห์ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองได้ 1 ประเด็น คือ ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเข้าใจบทบาทการใช้งานของแบบจำลองในมุมมองธรรมชาติของและวัตถุประสงค์แบบจำลองแตกต่างจากนักวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูมีวัตถุประสงค์ของการใช้แบบจำลองเพื่อวิธีการสอน (Pedagogical purpose) หรือเพื่อส่งเสริมการสอนของครูในการสอนเนื้อหาที่ซับซ้อนเท่านั้น แทนที่จะใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แนวทางหนึ่งในการพิจารณาความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองพิจารณาได้จากมุมมองของธรรมชาติแบบจำลอง ซึ่งเป็นความเข้าใจว่าแบบจำลองคืออะไร แบบจำลองได้มาได้อย่างไร และมุมมองวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง ซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิดในขณะสร้างหรือใช้แบบจำลองวิทยาศาสตร์ การประเมินความเข้าใจของทั้งสองมุมมองแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (Grünkorn et al., 2014; Gogolin & Krüger, 2018) โดยใช้บทบาทการใช้งานของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ได้แก่ ระดับ 1 เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นวัตถุ (Model object) ระดับที่ 2 เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ (Model of something) ที่มีอยู่แล้ว และระดับที่ 3 เข้าใจว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ (Model for something) นำไปสู่กระบวนการใหม่ที่ยังไม่ได้มีการอธิบาย (Gouvea & Passmore, 2017) อย่างไรก็ตามผู้เขียนมีความคาดหวังให้ครูมีความเข้าใจในระดับที่ 3 เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้มีบทบาทเดียวกันกับนักวิทยาศาสตร์ใช้ ยกตัวอย่างเช่น มุมมองวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง คือ ใช้เพื่อทำนายปรากฏการณ์ ในขณะที่ในระดับที่ 1 กลับมองว่าวัตถุประสงค์ของแบบจำลองคือใช้เพื่อบรรยายปรากฏการณ์ ซึ่งการใช้งานของแบบจำลองนั้นแตกต่างจากนักวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองของครูวิทยาศาสตร์ (Crawford & Flanagan, 2019; Soulios & Psillos, 2016)

มุมมอง	ระดับและนิยาม	การตีความหมายของครู
ธรรมชาติของ แบบจำลอง	ระดับ 1 แบบจำลองคือเลียนแบบ ปรากฏการณ์	แบบจำลองคือการเลียนแบบของจริงทุกประการ - แบบจำลองคือตัวแทนของวัตถุที่ถูกต้องและแม่นยำ/แบบจำลองคือต้นแบบ (prototype) หรือ รูปปั้นวิทยาศาสตร์
	ระดับ 2 แบบจำลองคือตัวแทนแนวคิดของ ปรากฏการณ์	แบบจำลองคือตัวแทนแนวคิดของของจริง - แบบจำลองคือตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ทำให้เข้าใจง่าย/แบบจำลองเป็นเครื่องมือการแปลผลเพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์
	ระดับ 3 แบบจำลองคือการสร้างทฤษฎี ใหม่ของปรากฏการณ์	แบบจำลองคือเครื่องมือสำหรับการวิจัยที่สื่อสารอย่างนามธรรม -แบบจำลองคือเครื่องมือสำหรับการวิจัย เช่น ทดสอบสมมติฐาน เป็นกรอบแนวคิดการวิจัยและสื่อสารแนวคิดหรือทฤษฎี
วัตถุประสงค์ของ แบบจำลอง	ระดับ 1 ใช้เพื่อบรรยายปรากฏการณ์	เพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ - เพื่อเป็นตัวแทนของวัตถุ/เพื่อความสะดวกสบายขึ้น/เพื่อให้ประเด็นที่ศึกษาชัดเจนขึ้น/เป็นเครื่องมือในการสอน (ตัวช่วยในการอธิบาย)
	ระดับ 2 ใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์	เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ - เพื่อช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/เพื่อตีความปรากฏการณ์
	ระดับ 3 ใช้เพื่อทำนายปรากฏการณ์	เพื่อทำนายปรากฏการณ์ - ทำนายการเชื่อมโยงระหว่าง 2 ตัวแปร/เป็นเครื่องมือสำหรับสร้างสมมติฐานและสร้างความรู้วิทยาศาสตร์/เป็นเครื่องมือในการสื่อสารวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนได้ศึกษางานวิจัยของ Crawford and Flanagan (2019) ซึ่งทำการสำรวจมุมมองเกี่ยวกับแบบจำลองของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 35 คน นอกจากนี้ ผู้เขียนยังได้ศึกษางานวิจัยของ Soulios and Psillos (2016) ซึ่งได้สำรวจความเชื่อเกี่ยวกับการได้มาซึ่งแบบจำลองของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 16 คน ผลการวิจัยของทั้ง 2 งานเป็นไปในทางเดียวกัน คือ ครูส่วนใหญ่จะมีความเข้าใจอยู่ในระดับที่ 1 และ 2 มีผลการวิจัยน้อยมากที่พบความเข้าใจของครูอยู่ในระดับที่ 3 ผลการวิจัยสะท้อนได้ว่าการใช้แบบจำลองของครูส่วนใหญ่แตกต่างจากนักวิทยาศาสตร์ สำหรับครูวิทยาศาสตร์สามารถดูว่าการใช้แบบจำลองของเราสอดคล้องกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้หรือไม่โดยดูได้จาก 2 เกณฑ์ คือเปรียบเทียบทบทวนการใช้งานของระดับที่ 3 เทียบกับระดับที่ 1 (ตาราง 1) ดังนี้

สำหรับมุมมองธรรมชาติของแบบจำลอง ครูต้องสามารถอธิบายได้ว่า แบบจำลองคือเครื่องมือสำหรับการวิจัยที่สื่อสารอย่างนามธรรม ตัวอย่างเช่น ครูให้คำตอบว่า “แบบจำลองเป็นสิ่งที่ชี้นำแนวคิดเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปรากฏการณ์ หรือกระบวนการในวิทยาศาสตร์” แต่ถ้าครูตอบว่า “แบบจำลองเป็นวัตถุที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น หรือ แบบจำลองคือการเลียนแบบของจริง เช่น ระบบสุริยะแบบย่อ” แสดงว่าครูเข้าใจว่าแบบจำลองคือตัวแทนแนวคิดของของจริง ในขณะที่มุมมองวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง ครูต้องสามารถอธิบายได้ว่า วัตถุประสงค์ของแบบจำลองใช้เพื่อทำนายปรากฏการณ์ ตัวอย่างเช่น ครูให้คำตอบว่า “เพื่อสร้างสมมติฐานและความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์” แต่ถ้าครูตอบว่า “เพื่อเห็นสิ่งที่เราไม่สามารถมองเห็น หรือเพื่อบรรยายแนวคิดวิทยาศาสตร์ในรูปแบบภาพ” แสดงว่าครูเข้าใจว่าวัตถุประสงค์ของแบบจำลองใช้เพื่อบรรยายปรากฏการณ์

จากผลการวิจัยข้างต้นสะท้อนว่าครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจบทบาทการใช้งานของแบบจำลองในมุมมองธรรมชาติของแบบจำลองและวัตถุประสงค์แบบจำลองแตกต่างจากนักวิทยาศาสตร์ ผลของความเข้าใจและการใช้แบบจำลองของครูจึงส่งผลกระทบต่อความเข้าใจแบบจำลองของนักเรียนด้วย ซึ่งมีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและ

กระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยผลการวิจัยเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับครู (Grosslight et al., 1991; Gogolin & Krüger, 2018; Grünkorn et al., 2014) ในประเด็นต่อไปผู้เขียนจึงขอเสนอว่าครูใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร ใช้แบบจำลองในบทบาทเดียวกันกับนักวิทยาศาสตร์หรือไม่

ส่วนที่ 2 ครูใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร จากการทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ผู้เขียนสามารถสรุปหรือสังเคราะห์การใช้แบบจำลองของครูในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ได้ 1 ประเด็น คือ ความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแบบจำลองของครูวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อบทบาทการสร้างหรือใช้งานของแบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น ถ้าครูเข้าใจว่าแบบจำลอง คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นที่ถูกต้องและแม่นยำแล้ว ครูจะใช้ตัวเองมีบทบาทสำคัญในการใช้แบบจำลองเพื่อถ่ายทอดความรู้วิทยาศาสตร์แทนที่จะให้นักเรียนมีบทบาทในการปฏิบัติสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง

จากความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองในส่วนที่ 1 วัตถุประสงค์การใช้แบบจำลองของครูควรใช้เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากสอดคล้องกับบทบาทการใช้งานของนักวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Kite et al. (2020) ซึ่งทำการสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติสร้างแบบจำลองของครูวิทยาศาสตร์ประจำการในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์สอน 6 – 20 ปี จำนวน 895 คน โดยกลุ่มผู้วิจัยได้ใช้คำถามกับกลุ่มครูว่า ท่านคิดว่าแบบจำลองถูกใช้เป็นตัวช่วยให้เด็กนักเรียนเกิดการเรียนรู้ในห้องเรียนอย่างไร ผลการวิจัยกลับพบว่า ครูส่วนใหญ่ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสารให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือกระบวนการที่ซับซ้อนแทนที่จะใช้แบบจำลองในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยครูร้อยละ 77 ใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายแนวคิดของปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ครูให้คำตอบว่า แบบจำลองมีประโยชน์กับการสอนวิทยาศาสตร์มาก โดยเฉพาะการสอนเรื่องอะตอม เนื่องจากเราเรียนรู้ปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ แต่ในทางตรงข้ามมีครูเพียงร้อยละ 8 ใช้แบบจำลองเพื่อทำนาย หรือร้อยละ 2 ของครูใช้แบบจำลองในการพัฒนาคำถาม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Oh and Oh (2011) ได้อธิบายว่าครูส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์จากแบบจำลองในการสาธิตการทำงานของแบบจำลองและอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสะท้อนได้ว่า ครูมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนโดยใช้แบบจำลอง แทนที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการปฏิบัติสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง เช่น นักเรียนใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย ทำนายและสื่อสารแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Oh & Oh, 2011; Windschitl et al., 2008)

แนวทางการสร้างและใช้แบบจำลองในชั้นเรียน

จากเรื่องราวบทบาทของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และการใช้แบบจำลองของครูในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เขียนสะท้อนข้อสังเกตจากการทบทวนวรรณกรรม ดังนี้

1. ครูวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือหรือตัวแทนในการสื่อสารให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือกระบวนการที่ซับซ้อนมากกว่าใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
2. วัตถุประสงค์การใช้แบบจำลองของครูวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อบรรยายหรืออธิบายมากกว่าใช้เพื่อทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

ในมุมมองของผู้เขียนแบบจำลองคือความรู้ประเภทหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับการสอนที่ให้นักเรียนแสวงหาหรือสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนให้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์เหมือนกับที่นักวิทยาศาสตร์ทำ การสอนโดยใช้แบบจำลองก็เช่นกันครูวิทยาศาสตร์ควรสอนแบบจำลองแบบที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ เพราะการสอนลักษณะแบบนี้จะช่วยให้เด็กนักเรียนมีกระบวนการคิดในการพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองและปฏิบัติเหมือนกับกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ทำให้ได้เรียนรู้แบบจำลองวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย รวมไปถึงการได้ร่วมสร้างแบบจำลองกับเพื่อนร่วมชั้นเหมือนกับกลุ่มนักวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ นักการศึกษาหรือผู้ที่เกี่ยวข้องจึงพยายามปฏิรูปการเรียนรู้ให้นักเรียนปฏิบัติสร้างแบบจำลองเหมือนกับชุมชน

นักวิทยาศาสตร์ในการสร้างความรู้ ดังนั้นครูควรจะมีเชื่อหรือความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองจึงจะทำให้ นักเรียนสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง (Gilbert & Justi, 2016)

ทั้งนี้ เพื่อให้ครูได้ใช้แบบจำลองในการสำรวจตรวจสอบวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาจึงคิดหาวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองที่ เลียนแบบการสร้างและใช้แบบจำลองเหมือนนักวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนจึงขอยกตัวอย่างแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐาน (Model-based Learning) (Harrison & Treagust, 2000; Gobert & Buckley, 2000) ซึ่งเป็นวิธีสอนที่ให้นักเรียนปฏิบัติสร้าง และพัฒนาแบบจำลองด้วยตนเอง ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด: นักเรียนปฏิบัติสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม ซึ่งแบบจำลองทางความคิดเป็นแบบจำลองเฉพาะของนักเรียนแต่ละคน โดยเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายใน โดยทั่วไปนักเรียนแต่ละคนจะมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิม ครูอาจจะกระตุ้นให้นักเรียนวาดภาพและอธิบายสิ่งที่นักเรียนคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาเพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้นั้นออกมา

ขั้นที่ 2 การประเมินและดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง: นักเรียนทำการทดลองเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ดังกล่าวและ รวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อประเมินความสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายหรือ ทำนายปรากฏการณ์ได้ นักเรียนต้องดัดแปลงแบบจำลอง นักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวม แบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม ขั้นนี้ครูอาจจะกระตุ้นให้นักเรียนโต้แย้ง หาหลักฐาน สนับสนุนแบบจำลอง หรือใช้แบบจำลองในการสื่อสารให้ผู้อื่น

ขั้นที่ 3 การขยายแบบจำลอง: นักเรียนนำแบบจำลองของมติกกลุ่มไปอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ หรือทำนายปรากฏการณ์ อื่นๆ เพื่อขยายขอบเขตของแบบจำลองให้กว้างขึ้น

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองครูอาจจะให้นักเรียนร่วมกัน สะท้อนคิดในระหว่างการสอน เช่น เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาแล้ว ครูอาจจะใช้คำถามว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออะไร ทำไมต้องสร้างแบบจำลอง หรือข้อจำกัดของแบบจำลองคืออะไร เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าวัตถุประสงค์ของ การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย หรือ/และทำนายปรากฏการณ์ ครูจะต้องใช้คำถามอย่างไร (How) และทำไมถึงเป็นเช่นนั้น (Why) (Ke & Schwarz, 2020) โดยเฉพาะคำถามทำไมจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายหรือทำนาย ปรากฏการณ์ ตัวอย่างคำถาม เช่น นักเรียนคิดว่าสิ่งที่นักเรียนสังเกตเปลี่ยนแปลงอย่างไร และทำไมถึงเป็นเช่นนั้น แต่กระนั้นมิงานวิจัย ต่างๆ (Barak & Hussein-Farraj, 2013; Markauskaite et al., 2020) ใช้สื่อแอนิเมชันและเทคโนโลยีเป็นตัวช่วยสำหรับการสร้าง พัฒนาและนำเสนอแบบจำลองซึ่งอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของครูที่จะประยุกต์การสอนของตนเองสำหรับยุคความปกติใหม่ (New normal) สุดท้ายผู้เขียนหวังว่างานผลของข้อค้นพบของงานวิจัยนี้จะมีประโยชน์กับครูวิทยาศาสตร์ในปรับใช้แบบจำลองให้ เหมือนนักวิทยาศาสตร์ใช้ รวมไปถึงนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ศึกษา และอื่นๆ สามารถนำผลของการวิจัยเป็นข้อมูลในการพัฒนานักเรียน ครูหรือหลักสูตรเกี่ยวกับการปฏิบัติสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ต่อไป

สรุป

แบบจำลองเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเข้าใจยาก ซับซ้อนและเป็นนามธรรม ดังนั้น ครูวิทยาศาสตร์ที่นำแบบจำลองไปใช้สอนควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองให้ สอดคล้องกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ บทความนี้ได้นำเสนอความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายและบทบาทของแบบจำลองและการสร้าง แบบจำลองในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับธรรมชาติแบบจำลองและการนำแบบจำลอง ไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ผลจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ครูมีความเข้าใจและใช้แบบจำลองแตกต่างต่างจาก นักวิทยาศาสตร์ ครูใช้แบบจำลองเฉพาะมุมมองด้านการสอนมากกว่าใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับการสืบเสาะหาความรู้จะเปลี่ยนบทบาทจากเดิมที่ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นนักเรียนเป็น ผู้สร้างแบบจำลองด้วยตัวเอง เช่น จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หรือเปลี่ยนวัตถุประสงค์การใช้แบบจำลองจากการใช้

แบบจำลองเพื่อบรรยายเป็นอธิบายหรือ/และทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งการปรับการใช้แบบจำลองดังกล่าวจะส่งเสริมให้นักเรียนคิดและปฏิบัติสร้างแบบจำลองตามการปฏิบัติวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไป

References

- Barak, M., & Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating model-based learning and animations for enhancing students' understanding of proteins structure and function. *Research in Science Education*, 43(2), 619-636.
- Crawford, B. A., & Flanagan, K. P. (2019). Teachers' Views About Models and Modeling Competence Towards Developing Scientific Literacy in Young People. In *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (pp. 163-179). Springer.
- Faikhanta, C., & Supatchaiyawong, P. (2014). Model-Based Learning. *Kasetsart Educational Review*, 29(3), 86-99. [in Thai]
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education (models and modeling in science education, 9)*. New York: Springer.
- 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.
- Gogolin, S., & Krüger, D. (2018). Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1313-1338.
- Gouvea, J., & Passmore, C. (2017). Models of 'versus' Models for. *Science & Education*, 26(1-2), 49-63.
- 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.
- Grünkorn, J., zu Belzen, A. U., & Krüger, D. (2014). Assessing students' understandings of biological models and their use in science to evaluate a theoretical framework. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1651-1684.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Ke, L., & Schwarz, C. V. (2020). Supporting students' meaningful engagement in scientific modeling through epistemological messages: A case study of contrasting teaching approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(3), 335-365. <https://doi.org/10.1002/tea.21662>
- Kite, V., Park, S., McCance, K., & Seung, E. (2020). Secondary Science Teachers' Understandings of the Epistemic Nature of Science Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 1-22.
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2017). Science Teachers' Perspectives on and Understandings about Scientific Models. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 10(3), 149-162. [In Thai]

- Markauskaite, L., Kelly, N., & Jacobson, M. J. (2020). Model-based knowing: How do students ground their understanding about climate systems in agent-based computer models? *Research in Science Education*, 50(1), 53-77.
- NGSS Lead States. (2013). Next Generation Science Standards: For states, by states. Washington: The National Academies Press.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics and financial literacy*. Paris: Author.
- Soulios, I., & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. *International Journal of Science Education*, 38(7), 1212-1233.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2018). *Manual for Basic Science Curriculum, Department of Science (Revised edition 2018) according to the basic education core curriculum, B.E. 2551, primary school*. Retrieved from <http://scimath.org/e-books/8923/flippingbook/index.html>. [In Thai]
- Tro, N. J. (2010). *Principles of chemistry: A molecular approach*: Prentice Hall, NJ: Upper Saddle River.
- Van Der Valk, T., Van Driel, J. H., & De Vos, W. (2007). Common characteristics of models in present-day scientific practice. *Research in Science Education*, 37(4), 469-488.
- Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: The impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). How novice science teachers appropriate epistemic discourses around model-based inquiry for use in classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310-378.
- zu Belzen, A. U., Krüger, D., & van Driel, J. (2019). *Towards a competence-based view on models and modeling in science education*. New York: Springer.