

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง ที่มีต่อความสามารถในการสร้าง
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม
The Effect of Model-Based Learning Instruction in The Topic of Light on
Scientific Modeling and Analytical Thinking Ability of Grade 9 Students in
Phattharayan Wittaya School at Nakhon Pathom Province

พลอยศิริ พุทธรักษา^{1*} นวลจิตต์ เชาว์กิตติพงศ์² และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์³
Ploysiri Puttharaksa^{1*} Nuanjid Chawakeratipong² and Tweesak Chindanurak³

Received: March 27, 2024; Revised: April 30, 2025; Accepted: May 7, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับแบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน 64 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน, แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์, การคิดวิเคราะห์

ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) compare the scientific modeling ability of grade 9 students who learned through model-based learning instruction and students who learned through traditional instruction, and 2) compare the analytical thinking ability of grade 9 students who learned through model-based learning instruction and the students who learned through traditional instruction. The sample group in this study consisted of Mathayom Suksa 3 (Grade 9) students from Phattharayan Witthaya School in the academic year 2023, comprising two classrooms with a total of 64 students. The sample was obtained through cluster random sampling and was divided into an experimental group of 32 students and a control group of 32 students. The research instruments were 1) lesson plans based on model-based learning instruction, 2) lesson plans based on traditional instruction, 3) a scientific modeling ability test, and 4) an analytical thinking ability test. The statistics used for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test. The research findings showed that 1) the scientific modeling ability of students who learned through model-based learning instruction was higher than those of the students who learned through traditional instruction at the .05 level of statistical significance, and 2) The analytical thinking ability of students who learned through model-based learning instruction was higher than those of the students who learned through traditional instruction at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Model-based Learning Instruction, Scientific Modeling, Analytical Thinking

¹นักศึกษาปริญญาโท, สาขาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, E-mail: Ploy.iiod@gmail.com (*Corresponding author)

²รองศาสตราจารย์ ดร., สาขาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, E-mail: nuanjid.cha@stou.ac.th

³รองศาสตราจารย์ ดร., สาขาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, E-mail: tweesak.chi@stou.ac.th

¹*Master's degree student, School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University, E-mail: Ploy.iiod@gmail.com (*Corresponding author)

²Assoc. Prof. Dr., School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University, E-mail: nuanjid.cha@stou.ac.th

³Assoc. Prof. Dr., School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University, E-mail: tweesak.chi@stou.ac.th

บทนำ

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศ ตามเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561-2580 สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา ได้จัดทำแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 สำหรับวางกรอบเป้าหมายและทิศทางการจัดการศึกษาของประเทศให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี มีเป้าหมายให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs 8Cs) เช่น ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะในการแก้ปัญหา และทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) จึงมีความจำเป็นต้องส่งเสริมให้พลเมืองในอนาคตมีทักษะการเรียนรู้ดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยทักษะสำคัญที่เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดแยกแยะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ แก้ปัญหาที่ท้าทาย เชื่อมโยงข้อมูล วิเคราะห์การทำงานของสิ่งต่างๆ ตีความของข้อมูลรวมไปถึงการลงข้อสรุป ประยุกต์ใช้ความสำคัญเข้าใจในหลักการ และความสัมพันธ์ไปสู่การนำทักษะการคิดวิเคราะห์นี้ ไปประยุกต์ใช้ การพัฒนาตัวเองในเรื่องการคิดวิเคราะห์ให้มีทักษะ โดยกำหนดให้มีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2564) (ไพฑูริย์ สีนลรัตน์ และคณะ, 2560) จากข้อมูลข้างต้นกล่าวได้ว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นสมรรถนะที่สำคัญประการหนึ่งที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ แสดงได้จากนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการที่กำหนดให้มีการประเมินผลการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) และสอดคล้องกับที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560) ได้เพิ่มทักษะการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ 14 จากเดิม ที่มี 13 ทักษะ เพื่อเป็นเครื่องมือให้นักเรียนใช้ทำความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม และช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนไปด้วยในเวลาเดียวกัน เนื่องจากในการสร้างและใช้แบบจำลองนักเรียนจะได้ใช้แบบจำลองในลักษณะต่าง ๆ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหวรวมไปถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดที่ได้ศึกษาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ถูกต้องเป็นที่ยอมรับ จึงเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

จากข้อมูลข้างต้นแสดงถึงการให้ความสำคัญของทักษะการสร้างแบบจำลอง และการคิดวิเคราะห์ แต่จากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนตามมาตรฐานสากล (PISA) ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ตั้งแต่ปี ค.ศ.2000 ถึงปัจจุบัน พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยต่ำสุดทุกด้าน โดยในด้านความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และมีแนวโน้มลดลงไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงควรมีการเสริมสร้างทักษะที่จำเป็น เช่น ความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนเพื่อลดช่องว่างของความเหลื่อมล้ำในการจัดการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) ผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) จากค่าสถิติพื้นฐานระดับประเทศของผลการทดสอบ O-NET พ.ศ.2561 - 2565 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระดับสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา (สพม.) พบว่ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเต็ม ร้อยละ 32.13 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565)

จากการศึกษาหลักสูตรโรงเรียนภัทรวิทยานวิทยา พุทธศักราช 2566 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ที่เนื้อหาสาระส่วนใหญ่อยู่ในรูปนามธรรม เกี่ยวกับสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็น หรือสัมผัสได้ ประกอบการที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลการทดสอบ PISA, O-NET, ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับต่ำ ไม่น่าพึงพอใจ จึงสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของครูในปัจจุบันที่ควรพัฒนาจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผลการประเมินของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งในระดับนานาชาติ และระดับประเทศ รายวิชาวิทยาศาสตร์ชี้ให้เห็นว่านักเรียนยังไม่ได้ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพตามความมุ่งหวังตามนโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ของครูพบว่าวิธีสอนที่นิยมศึกษาวิจัย และนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การใช้ชุดการจัดการเรียนรู้ เป็นรูปแบบที่นิยมนำมาใช้ในห้องเรียน แต่ยังไม่เป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง ซึ่งครูควรเน้นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ใหม่มากขึ้น สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้ โดยการใช้แบบจำลองในการอธิบายร่วมกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีกลุ่มพฤติกรรมนิยมที่เน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิด (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2559) และได้มีผลการวิจัยที่สนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ แล้วรวบรวมข้อมูลมานำเสนอเพื่อประเมินแบบจำลองแล้วดัดแปลงแก้ไข ปรับปรุงจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557 และ Louca and Zacharia, 2012) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 261 คน จัดเป็น 9 ห้องเรียนแบบคละความสามารถ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 64 คน จัดเป็น 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มแล้วจับสลากให้เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 32 คนและกลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสง จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 18 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติใช้เวลาสอนเท่ากัน โดยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ค่าคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 4.75, 4.75, 4.75, 4.72 ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 สรุปได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกแผน

2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบคู่ขนานจำนวน 2 ชุด ชุดละ 4 สถานการณ์ ประกอบด้วยสถานการณ์ละ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างจำลอง 2) การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง และ 3) การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง กำหนดเกณฑ์การประเมินและให้คะแนนเป็นแบบรูบิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณา

ตรวจสอบคุณภาพตามวิธีของ Likert พบว่าด้านความสอดคล้องของข้อความในแบบวัดกับขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองและความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับตัวชี้วัด มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.97 และ 4.92 ตามลำดับ โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 4.94 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด แบ่งความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นชุดก่อนเรียน มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.58 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.55 และค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.64 และชุดหลังเรียน มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.26-0.57 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.60 และค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.70

2.3 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก คู่ขนานจำนวน 2 ชุด ๆ ละ 20 ข้อ 5 สถานการณ์ ประกอบด้วยสถานการณ์ละ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ 2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) การคิดวิเคราะห์หลักการ โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบคุณภาพตามวิธีของ Likert พบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีคะแนนเฉลี่ยของระดับความคิดเห็น เท่ากับ 4.83 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด แบ่งเป็นชุดก่อนเรียนมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.29-0.57 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.29-0.71 และค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.68 และชุดหลังเรียน มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.21-0.57 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.29-0.86 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.71

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ให้นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียน แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

3.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนโดยในกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม

3.3 ให้นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบหลังการทดลอง โดยการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ กับนักเรียนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน บันทึกผลข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน

4.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับแบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t -test for Independent Sample)

4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t -test for Dependent Sample)

4.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับแบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t -test for Independent Sample)

4.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t -test for Dependent Sample)

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อย่อย การวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 32)		กลุ่มควบคุม (n = 32)		t	Sig
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ก่อนเรียน	13.68	5.03	12.58	4.37	0.930	0.365
หลังเรียน	18.37	6.67	11.87	3.77	4.797*	0.000

*p < .05

จากตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ไม่แตกต่างกัน แสดงว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความรู้ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น เป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 32)		t	Sig
	$\bar{X}$	S.D.		
ก่อนเรียน	13.68	5.03	4.336*	0.000
หลังเรียน	18.37	6.67		

*p < .05

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ขึ้นกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 32)		กลุ่มควบคุม (n = 32)		t	Sig
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ก่อนเรียน	11.13	2.86	10.13	2.41	1.524	0.133
หลังเรียน	16.38	1.74	13.78	2.47	4.856*	0.000

*p < .05

จากตารางที่ 3 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่าคะแนนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้นกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 32)		t	Sig
	$\bar{X}$	S.D.		
ก่อนเรียน	11.13	2.86	10.58*	0.000
หลังเรียน	16.38	1.74		

*p < .05

จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้นกว่าก่อนเรียน

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ามีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 1 และมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติสร้างแบบจำลองผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้วใช้ในการอธิบายสิ่งที่ป็นนามธรรมสู่รูปธรรมที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ตามขั้นตอนต่างๆของการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Jong et al. (2015), Schwarz et al. (2009) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยเริ่มจากนักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงแนวคิด แล้วนำแบบจำลองตรวจสอบโดยอธิบายถึงปรากฏการณ์อื่นๆ ที่สอดคล้องกัน หากไม่สามารถอธิบายได้ก็ปรับปรุงให้สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้รับเพิ่มเติมจนสามารถ

อธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ได้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) และการใช้จินตนาการ อุปมาอุปไมย ในการสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ด้วยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดย ครูกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยใช้คำถาม แล้วสื่อสารสิ่งที่ตนเองเข้าใจผ่านการวาดภาพแบบจำลอง ขาตรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ในชั้นประเมินแบบจำลอง และขั้นปรับปรุงแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับแบบจำลองจากข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับ Chen et al. (2016) จากนั้นในขั้นขยายแบบจำลองนักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่นๆ ที่ใกล้เคียงกัน เป็นการเชื่อมโยงความรู้ของตนเองที่รับรู้กับประสบการณ์ที่มีอยู่และได้รับใหม่ให้กว้างขึ้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒนิตา มีลา (2559) ที่ได้ศึกษาการสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่านักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ามีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 2 และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ โดยในขั้นตอนย่อยของการสร้างแบบจำลองมีขั้นตอนของกิจกรรมที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ คือ ในขั้นการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง สุทธิดา จำรัส (2555) ได้อธิบายไว้ว่าเป็นการจัดกิจกรรมที่ฝึกให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยการปฏิบัติ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการคิดวิเคราะห์ การสะท้อนความคิด จนกระทั่งได้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ Jong et al. (2015) ในขั้นการวิเคราะห์แบบจำลอง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ทดลองเพื่อนำไปสู่การปรับประยุกต์ใช้แบบจำลองในสถานการณ์อื่น Hestenes (1987) และ Gilbert (2004) ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในบทเรียน เรียนรู้ได้ดีขึ้นจากการสร้างและใช้แบบจำลองที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และคิดอย่างเป็นระบบ เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เรารู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง และสามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลขององค์ประกอบของแบบจำลอง ไพฑูรย์ สีนลารัตน์ และคณะ (2560) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของคนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงความเป็นเหตุเป็นผล มีมุมมองที่หลากหลาย มองเห็นเหตุการณ์ต่างๆ แล้วแยกแยะองค์ประกอบหาความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกพล จิตตะโส และหนูกร ปฐมพรพร (2564) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบชีปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมของนักเรียน อธิบายขั้นตอนการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและครูในการดำเนินกิจกรรมการวัดและรูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมากขึ้น และชี้แจงเกี่ยวกับความสำคัญของแบบจำลอง และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบต่างๆ

2. สถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และวัดประเมินผล ควรมีความสอดคล้อง ใกล้เคียงหรือสามารถใช้เนื้อหาที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้มาอธิบายขยายความได้ หรือเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเห็นปัญหาได้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนให้ความสนใจ เนื่องจากจะกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของแบบจำลองที่สร้างขึ้นแสดงแนวคิดเดิมที่มีออกมาให้ได้มากที่สุดผ่านการสร้างแบบจำลอง

3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นประเมินแบบจำลอง ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และแสดงความคิดเห็น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมนักเรียนให้ได้เปรียบเทียบแบบจำลอง สะท้อนความคิด และเสนอแนวทาง ปรับปรุงแบบจำลองให้มีความเป็นรูปธรรม สมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

4. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน องค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง พบว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนมีองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ที่ไม่แตกต่างกัน หรือมีคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยมาก ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลอง และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์เชื่อมโยงถึงเหตุผลที่มีการปรับปรุงแบบจำลอง ให้นักเรียนรู้จักนำเสนอโดยแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองที่ปรับปรุงกับหลักฐานที่ค้นพบ รวมทั้งควรปรับปรุงการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างแบบจำลอง และองค์ประกอบที่ 3 การเปรียบเทียบและประเมินแบบจำลอง ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ควรศึกษาประยุกต์วิธีการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่นๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง หรือการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทุกองค์ประกอบให้ดียิ่งขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เน้นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะรวบรวมหลักฐาน เพื่อเป็นข้อมูลไปสู่การอภิปรายและยังสอดแทรกความสามารถในการคิดแบบต่างๆ ที่มีความสำคัญ สู่การสร้างแบบจำลองใหม่ที่สมบูรณ์มากขึ้น เสมือนการเลียนแบบการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จึงอาจมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อไปพัฒนาต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงนวัตกรรม ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3), 86 - 99.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2559). ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 1 - 21.

- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2563). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เคมี*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัฒน์นิดา มีลา. (2559). *การสนับสนุนความสามารถในการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส* [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เขาวงกตพิงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, และไสว พักขาว. (2560). *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). *ค่าสถิติพื้นฐานระดับประเทศ ของผลการทดสอบ O-NET ชั้น ม.3*. https://catalog.niets.or.th/dataset/m3_country
- สถาบันส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชา ฟิสิกส์*, *IPST MAGAZINE*, 51(244), 26-32.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579*. พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2564). *ทักษะที่จำเป็นแห่งอนาคต (Future Skill) เพื่อเตรียมการพัฒนาคุณภาพคนไทย ทุกช่วงวัย รองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Disruption) ของโลกศตวรรษที่ 21: ผลการศึกษาและแนวทางการ ส่งเสริม* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กระทรวงศึกษาธิการ.
- สุทธิดา จำรัส. (2555). *แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. Chamrat Blog. <https://chamrat2012.wordpress.com/2012/04/25/model-and-modeling-teaching/>
- เอกพล จิตตะโส และหนุกร ปฐมพรพร. (2564). *การเรียนรู้แบบซิปปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจ มโนทัศน์สารชีวโมเลกุลและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 9(2), 97 – 112.
- Chen, Y. C., Benus, M. J. & Yarker, M. B. (2016). Using Models to Support Argumentation in the Science Classroom. *The American Biology Teacher*, 78(7), 549 – 559. <http://doi.org/10.1525/abt.2006.78.7.549>
- Gilbert, J. K., (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education* 2004 (2), 115-130. <http://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440-454. <https://doi.org/10.1119/1.15129>
- Hestenes, D. (2006, January). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. *GIREP conference: Modelling in Physics and Physics Education*.
- Jong, J. P., Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education*, 19(5), 986 - 1018
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471-492 <http://dx.doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>

- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.