

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก

Development of Learning Achievement in Physical Science on Atomic Structure Using Model-Based Learning Integrated with Active Learning

ลักษิกา ฟังก์กรักรัต^{1*} กาญจนา ยะตัน² ณรงค์ฤทธิ์ ตี๋คำป้อ¹ และวัชรภรณ์ ทาหาร¹

Laksika Funkkrapat^{1*}, Kanchana Yatan², Narongrit Tipkhampho¹

and Watcharaporn Taharn¹

¹คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, ²โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม

Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University

²Khuntan Wittayakhom School

*Corresponding author e-mail: krulakseega@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก มีประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 18 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แผนการจัดการเรียนรู้การสอนรูปแบบเชิงรุก 2) แบบจำลอง เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียน เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 97.78/86.11 แสดงว่า แบบจำลองอะตอมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนด 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เท่ากับ 74.47% มีพัฒนาการในระดับที่สูงกว่าก่อนเรียน และ 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม มีความพึงพอใจวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด เท่ากับ 4.68

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน; องค์ประกอบภายในอะตอม; แบบจำลองเป็นฐาน; การจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก

Abstract

The objectives of this research were as follows: 1) to develop learning achievement on the topic of "Atomic Structure" through the use of model-based learning integrated with active learning of Mathayom Suksa 6/1 students to achieve the 70/70 efficiency criterion; 2) to compare the pre- and post-learning achievement of Mathayom Suksa 6/1 students on "Atomic Structure" using model-based learning integrated with active learning; and 3) to study the satisfaction of Mathayom Suksa 6/1 students towards learning the topic of "Atomic Structure" through model-based learning integrated with active learning. The population consisted of 18 Mathayom Suksa 6/1 students from Khun Tan Wittayakom School, Semester 2, Academic Year 2024. Research instruments included 1) an active learning lesson plan, 2) a model of atomic structure, 3) pre- and post-tests on the topic of atomic structure, and 4) a satisfaction questionnaire on the topic of atomic structure. Statistical analyses employed included percentage, mean, standard deviation, variance, and relative growth score. The results revealed that 1) the learning unit on atomic structure using model-based learning integrated with active learning demonstrated an efficiency value ($E1/E2$) of 97.78/86.11, exceeding the predetermined criterion of 70/70; 2) students' post-learning relative growth score was higher than their pre-learning at 74.47%; and 3) students expressed a high level of overall satisfaction (mean score = 4.68) towards the teaching approach using model-based learning integrated with active learning.

Keywords: Learning Achievement; Atomic Structure; Model-Based Learning; Active Learning

บทนำ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในปัจจุบันมีเป้าหมายเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล ผลักดันประเทศไทยเข้าสู่ยุค 4.0 และโลกในศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวด 4 ซึ่งเน้นถึงการจัดการศึกษาที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ และมองว่าผู้เรียนคือหัวใจสำคัญที่สุด (กรมวิชาการ, 2544) ระบุว่าจัดการเรียนการสอนจะต้องออกแบบเนื้อหาและกิจกรรมให้เข้ากับ ความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พร้อมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในกระบวนการคิด การจัดการ ภายใต้กรอบแนวคิดแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่ตั้งวิสัยทัศน์ให้คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ไปตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ พร้อมดำรงชีวิตอย่างมีความสุข ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและความเปลี่ยนแปลงในโลกศตวรรษที่ 21 (สมฤดี พลวุฒิไธมทัย, 2561; พรรณี ปานเทวัญ, 2559)

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากสามารถสนับสนุนการเติบโตของเศรษฐกิจและสังคม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) และช่วยให้มนุษย์พัฒนาการคิดในหลายด้าน เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา (บรรจง อมรชีวิน, 2554) แต่ปัจจุบันพบว่าเด็กไทยยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีอยู่ยังไม่สนับสนุนการคิดอย่างเป็นระบบ โดยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐานปี พ.ศ. 2565 ชี้ให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยในการทดสอบวิทยาศาสตร์ยังไม่สูงนัก (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565) เรียนการสอนจึงควรเน้นการค้นพบความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสังเกตและการทดลอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

การเรียนรู้เชิงรุก (Active-Learning) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถตอบโจทย์ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติเพราะเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรค์ทางปัญญา (Constructivism) ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนมากกว่าเนื้อหาวิชาที่เรียนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเองด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่มีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ เป็นผู้กระตุ้นผู้เรียนหรืออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น โดยกระบวนการคิดขั้นสูง ดังนั้นจะกล่าวได้ว่าเป็นผู้เรียนมีการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าจากสิ่งที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาพร พุทธิพิบูล, 2555)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ช่วย เตรียมผู้เรียน ให้มีทักษะที่จำเป็น และมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการศึกษา ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Clement, 2008) มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างสิ่งต่าง ๆ เช่น แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ และปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติ (Loucas T. Louca & Zacharias C. Zacharia, 2012) เปรียบเสมือนตัวแทนของวัตถุเหตุการณ์แนวคิด กระบวนการหรือระบบ ซึ่งจะเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับโลกของความจริง (Gilbert, 2003) ที่ไม่สามารถ สังเกตหรือวัดได้โดยตรง ทางด้านวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งสามารถ สื่อสารและมีส่วนช่วยทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้มองเห็นภาพและสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Loucas T. Louca & Zacharias C. Zacharia, 2012) ส่งผลให้นักเรียนทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ไพศัคดี โพธิเสน, 2558) มีความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และถ่ายทอดความรู้สูงขึ้น (ฉันทมน สุชัยรัตน์, 2558) ตลอดจนสามารถนำไปพัฒนาสู่การสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาใหม่ เพื่อตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาลได้อย่างชัดเจน

โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็กในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่านักเรียนขาดทักษะในการจดจำเนื้อหาในรูปแบบโน้ตสโน้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบระยะยาวต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จากการสำรวจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ซึ่งเคยเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติมในหัวข้อโครงสร้างอะตอม พบว่าผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1

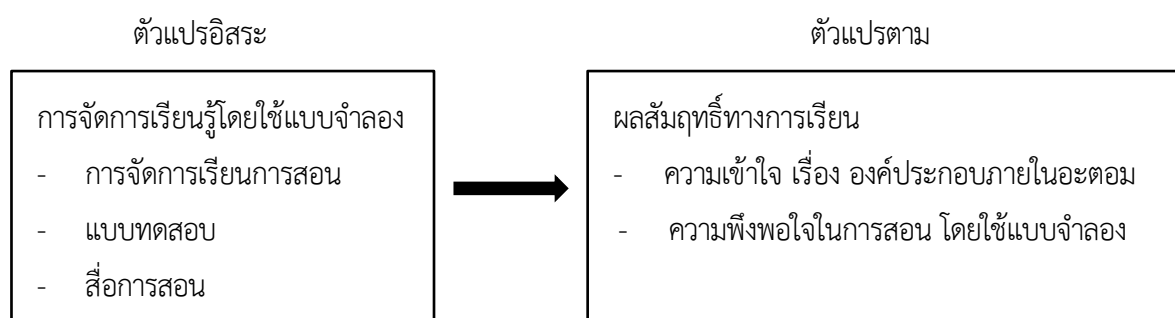
ของนักเรียนชั้นดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนกว่าครึ่งหนึ่งของทั้งหมดมีผลการเรียนต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด เมื่อผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่าสาเหตุสำคัญมาจากความเบื่อหน่ายที่เกิดจากเนื้อหาที่ซับซ้อนและยากต่อความเข้าใจ ส่งผลให้นักเรียนขาดความตั้งใจและความกระตือรือร้นในการเรียน นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

ผู้วิจัยในฐานะผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 พบว่านักเรียนมีความหลากหลายในด้านความสนใจและความถนัด ซึ่งส่งผลให้วิธีการเรียนรู้แตกต่างกันไป โดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การเข้าร่วมกิจกรรม และผลการทดสอบที่ควบคู่กับกระบวนการสอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในหัวข้อองค์ประกอบภายในอะตอม ในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 รหัสวิชา ว30121 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนและยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในอนาคตอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning)
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning)

กรอบแนวคิดของการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental design) ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลัง (One group pretest-posttest design) โดยมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 แผนการเรียนวิทย์ - คณิต โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 18 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้การสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน จำนวน 4 แผน 6 ชั่วโมง
- 2) แบบจำลอง ตามจัดการเรียนรู้แบบการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม
- 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 (ว30121) เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม แบ่งองค์ประกอบการวัดตามแนวคิดของบลูม โดยวัดด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ส่วนที่ 2 อัตนัย ชนิดเติมคำตอบ จำนวน 5 ข้อ
- 4) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) จำนวน 5 ข้อ

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

- 1) ศึกษาหลักสูตรหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐานโรงเรียนขุนตาลวิทยาคมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 (ว30121) หน่วยการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม เพื่อนำมาเขียนเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้โดยให้ควบคุมพฤติกรรมด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติ
- 2) ศึกษาเนื้อหาเรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สสวท.) และแหล่งเรียนรู้จากสื่อต่างๆ คู่มือครูวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สสวท.) ศึกษาข้อมูลการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นรูปแบบเชิงรุก (Active learning) และการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3) สร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับการจัดการเรียนการสอน รูปแบบเชิงรุก (Active learning) ศึกษาหลักการแนวคิด และขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน จนได้เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นเสนอสิ่งเร้าและระบุคำถามสำคัญ ขั้นที่ 2 ขั้นแสวงหาสารสนเทศและวิเคราะห์ ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและสร้างความรู้ ขั้นที่ 4 ขั้นสื่อสารและสะท้อนคิด และ ขั้นที่ 5 ขั้นประยุกต์และตอบแทนสังคม โดยสอดแทรกการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ในส่วนของขั้นที่ 4 ขั้นสื่อสารและสะท้อนคิด ดังนี้ 4.1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด 4.2 การทดสอบแบบจำลอง 4.3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง และ 4.4 การขยายแบบจำลอง

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาและครูพี่เลี้ยงเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์และครูพี่เลี้ยงที่ปรึกษาก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพแล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

5) สร้างแบบจำลอง เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม ตามการจัดแบบการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน กิจกรรมการเรียนรู้ และสร้างแบบจำลองให้เหมาะสมกับเนื้อหาของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้

6) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับระยะเวลาสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ตามจำนวนที่กำหนด ให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ หากคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (index of item-objective congruence: IOC) โดยเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า หรือเท่ากับ 0.50 ถ้าข้อคำถามใดมีค่าต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุงก่อนนำมาใช้ หรือไม่นำมาใช้ คัดเลือกข้อสอบไว้ 15 ข้อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของบลูมนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียน

7) สร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน เป็นแบบสอบถามที่ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) มีเกณฑ์ 5 ระดับ นำแบบวัดความคิดเห็นที่สร้างขึ้น นำเสนอครูพี่เลี้ยงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ตรวจสอบความเหมาะสม ความถูกต้อง โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC โดยใช้เกณฑ์ค่า 0.50 ขึ้นไป ถือว่าแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนข้อนั้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้ แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ จัดพิมพ์แบบวัดความคิดเห็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มประชากร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- 1) ทำการทดสอบก่อนเรียนนักเรียนกลุ่มประชากร ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม ที่สร้างขึ้น
- 2) ดำเนินการจัดแบบการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) ร่วมกับการใช้แบบจำลอง เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567
- 3) ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดียวกับ ที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน
- 4) ดำเนินการวัดระดับความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ตามขั้นตอนดังนี้

- 1) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบจำลอง เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ตามเกณฑ์ 70/70 โดยใช้สูตร E_1 / E_2
- 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 รายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) โดยวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative growth score)

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย (μ), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ), ความแปรปรวนของประชากร (σ^2) และ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative growth score)

ผลการวิจัย

ผลการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 (ว30121) เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 (ว30121) เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก

จำนวนนักเรียนทั้งหมด	แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก	
	ระหว่างเรียน (เต็ม 10)	หลังเรียน (เต็ม 20)
18 คน	176.00	310.00
ค่าเฉลี่ย (μ)	9.78	17.22
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)	1.73	3.06
ความแปรปรวนของประชากร (σ^2)	2.39	9.60
	$E_1 = 97.78$	$E_2 = 86.11$

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของการเรียน เรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองอะตอม มีค่าเท่ากับ $97.78/86.11$ แสดงว่า แบบจำลองอะตอมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ $70/70$ ที่กำหนด

ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 1 (ว30121) เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุกระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวน ประชากร	ค่าเฉลี่ยของ ประชากร	ส่วนเบี่ยงเบน ของประชากร	ความแปรปรวน ของประชากร	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Growth Score)
	(N)	(μ)	(σ)	(σ^2)	
ก่อนเรียน	18	9.11	2.14	4.25	74.47%
หลังเรียน	18	17.22	3.06	9.60	

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 9.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.14 ความแปรปรวนของประชากร เท่ากับ 4.25 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 17.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.06 ความแปรปรวนของประชากร เท่ากับ 9.60 นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เท่ากับ 74.47% มีพัฒนาการในระดับที่สูง สรุปได้ว่า

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active Learning) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 สูงกว่าก่อนเรียน

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก

รายการ	μ	σ
1. ความพึงพอใจต่อกิจกรรมที่จัดในชั้นเรียน	4.67	0.49
2. ความพึงพอใจต่อโมเดล แบบจำลองอะตอม	4.44	0.70
3. ความพึงพอใจต่อเอกสาร และใบงาน เรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม	4.67	0.49
4. ความพึงพอใจต่อระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้	4.72	0.57
5. ความพึงพอใจต่อผู้สอน ผู้จัดกิจกรรม	4.89	0.47
รวม	4.68	0.16

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม ที่มีต่อการเรียนรู้เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก มีความพึงพอใจวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด เท่ากับ 4.68 เมื่อพิจารณารายการพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ รายการที่ 5 ความพึงพอใจต่อผู้สอน ผู้จัดกิจกรรม, รายการที่ 4 ความพึงพอใจต่อระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้, รายการที่ 1 ความพึงพอใจต่อกิจกรรมที่จัดในชั้นเรียน, รายการที่ 3 ความพึงพอใจต่อเอกสาร และใบงาน เรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม และรายการที่ 2 ความพึงพอใจต่อโมเดลแบบจำลองอะตอม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89, 4.72, 4.67, 4.67 และ 4.44 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษา เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ว30121) เรื่อง องค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงราย ครั้งนี้พบว่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก มีค่าเท่ากับ 97.78/86.11 แสดงว่า มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดทั้งนี้อาจเพราะผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการสร้างหลักการใช้แบบจำลองการศึกษาความสำคัญของแบบจำลอง การศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้าง

แบบจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Loucas T. Louca & Zacharias C. Zacharia (2012) ที่ได้กล่าวว่าทางด้านวิทยาศาสตร์ถือว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งสามารถ สื่อสารและมีส่วนช่วยให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้มองเห็นภาพและสามารถใช้ อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ จากนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อเสนอแนะและคำแนะนำต่าง ๆ ไปปรับปรุงแก้ไขก่อนการทดลองใช้จริง เพื่อให้มีความเหมาะสมและมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้แบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เนื้อหามีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ แบบจำลองมีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน สวยงาม เหมาะสมกับผู้เรียนและการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก จึงทำให้ผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียน ตั้งใจทำกิจกรรม จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคุณภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ (2558) ได้รายงานผลการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษา ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยลักษณะการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในเรื่องโครงสร้างอะตอมมีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม และสอดคล้องกับงานวิจัยของธีระศักดิ์ ไชยศักดิ์ นวลจิตต์ เขาวงกิตพงศ์ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2561, น. 125) ได้รายงานผลการศึกษาวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่ององค์ประกอบภายในอะตอม โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบเชิงรุก (Active learning) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เท่ากับ 74.47% ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีพัฒนาการในระดับที่สูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ได้ตัวผ่านกิจกรรมและแบบจำลอง ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้นักเรียน สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีการวางแผนร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติกิจกรรม ทำให้มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อีกทั้งยังพบว่าผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 มีความพึงพอใจวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด เท่ากับ 4.68

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณนายนาณัฐ ทรัพย์ศิริ ผู้อำนวยการโรงเรียนขุนตาลวิทยาคมที่ให้การอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยในชั้นเรียน พร้อมคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโรงเรียนขุนตาลวิทยาคม เป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและให้คำแนะนำในการจัดทำวิจัย และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนขุนตาลวิทยาคมที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลในการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2544). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. วัฒนาพานิชสำราญราษฎร์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีระศักดิ์ ไชยศักดิ์, นวลจิตต์ เขาวงกตพิงศ์, & ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดเชิงผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมขยายโอกาส จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 19*, 1021-1022.
- บรรจง อมรชีวิน. (2554). *Thinking School สอนให้คิด*. ภาพพิมพ์.
- พรณี ปานเทวัญ. (2559). การพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 กับการเรียนรู้เชิงรุกในวิชาชีพพยาบาล. *วารสารทหารบก*, 17(3), 17-24.
- โพธิศักดิ์ โพธิเสน. (2558). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการผลิตปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต], มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาดรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 1(1), 97-124.
- สถาพร พงษ์พิบูล. (2555). คุณภาพผู้เรียนเกิดจากกระบวนการเรียนรู้. *วารสารการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา*, 6(2), 1-12.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สมฤดี พละวุฒิโหมทัย. (2561). การพัฒนาการบริหารระบบการศึกษาเพื่อเสริมความเป็นพลเมืองดีวิถีประชาธิปไตย. *วารสารการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 9(1), 264-273.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. New York: Longmans, Green.
- Clement, J. (2008). The role of explanatory models in teaching for conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 417-452). Routledge.
- Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *Understanding models in earth and space science*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- Loucas T. Louca & Zacharias C. Zacharia. (2012). *Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions*. Routledge Taylor & Francis Group, 64(4), 471-492.