

การเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า เพื่อส่งเสริม
ทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*

MORE LEARNING SUPPLEMENTED WITH A CONCEPT MAP
ON ELECTRIC FAN TO ENHANCE MODELING SKILLS OF
GRADE 9 STUDENTS

กนกพล กิตติปัญญาศิริ¹, จันทร์จิรา จูมพลหล้า²

Kanokpol Kittipanyasiri¹, Chanchira Choomponla²

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2}

Udon Thani Rajabhat University, Thailand.^{1,2}

Email : kanokpol.nueng@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า 2) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความเข้าใจโมเดลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยการทดสอบ t-test for dependent sample

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยประเด็นที่ 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์ เท่ากับ 3.15 คิดเป็นร้อยละ 78.75 ผลการประเมินอยู่ในระดับดี คะแนนเฉลี่ยประเด็นที่ 2 เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ เท่ากับ 2.55 คิดเป็นร้อยละ 63.75 ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง โดยภาพรวมคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลอง เท่ากับ 5.70 คิดเป็นร้อยละ 71.25 ผลการประเมินอยู่ในปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลองกับเกณฑ์หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองประเด็นที่ 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ที่ระดับนัยยะสำคัญทางสถิติ .01 ประเด็นที่ 2 กระบวนการทำงานสมบูรณ์หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และโดยภาพรวมทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

คำสำคัญ : 1. การเรียนรู้แบบ MORE 2. ผังมโนทัศน์ 3. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

ABSTRACT

The purposes of this study were to study and compare the modeling skills of Mathayom 3 students learning with MORE learning supplemented with concept maps on the subject of electric fans. The sample group used in this research was 20 grade 9 students. This study design was one-group pretest-posttest design. The research tools consisted of 1) a MORE learning plan supplemented with concept maps on the topic of electric fans, 2) a modeling skills test, which was a subjective test. The data were analyzed for mean, standard deviation, percentage and hypothesis test for compare conceptual understanding of food nutrients and digestive system after learning higher than before by t-test for dependent sample.

The results of this study showed that the mean score for Issue 1; simulated drawing was 3.15 (78.75%), the result was in a 'good' level. The mean score for Issue 2; complete writing was 2.55 (63.75%), the result was in the 'moderate' level. Overall, the mean score for modeling skills was 5.70 (71.25%), the result was in the 'moderate' level. When comparing the mean score of modeling skills with the post-learning criterion of not less than 70%, it was found that students had statistically significant higher modeling skills in Issue 1 - complete simulated drawing - compared to the criterion of not less than 70%, at a significant level of .01. However, in Issue 2 - complete writing of the workflow - their skills were lower than the criterion of not less than 70%. Overall, their post-learning modeling skills were higher than the criterion of not less than 70%.

Keywords : 1. MORE Learning 2. Concept Map 3. Modeling skills

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ควรมีลักษณะอย่างไร เป็นเรื่องท้าทายสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เมื่อวิถีชีวิตและมิติแห่งการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากมา สืบเนื่องจากการปฏิวัติทางเทคโนโลยีสารสนเทศ การแพร่กระจายของความรู้และวิทยาการต่างๆ แบบก้าวกระโดด (วิจารณ์ พานิช, 2555) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและสังคมของมนุษย์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มที่ ได้เปิดกว้างทางความคิด มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ พัฒนาชีวิตด้วยทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เรียนรู้สิ่งต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่าแค่การซึมซับความรู้ภายในห้องเรียน การทำความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ต้องเปิดพื้นที่การเรียนรู้และขยายขอบเขตการสร้างความรู้ให้สอดคล้องกับสภาพสังคมที่กำลังวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง ดังเห็นได้จากทั่วทุกมุมโลกสามารถสื่อสารและส่งผ่านข้อมูลถึงกันด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพา สารสนเทศและ

ความรู้เริ่มเข้าถึงตัวผู้เรียนเพียงแค่นี้ยังไม่พอ ดังนั้น ครูผู้สอนจึงต้องปรับเปลี่ยนบทบาทการจัดการเรียนรู้จากผู้ถ่ายทอดความรู้มาสู่การเป็นผู้อำนวยความสะดวกการเรียนรู้ (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา, 2545 ; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550) ส่งเสริมคุณลักษณะต่างๆ ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ดำรงชีวิตและช่วยคำจูงให้ผู้เรียนสามารถอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุข (Marzano and other, 2001) ดังนั้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีควรให้ผู้เรียนมีแรงบันดาลใจ อยากรู้ อยากเห็น อยากค้นหาคำตอบ สนุกกับการสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรเป็นกระบวนการสร้างสรรค์ที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมตามครรลองของการปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งครูผู้สอนและผู้เรียนจะเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยธรรมชาติ เกิดมนต์ทัศน์ในธรรมชาติการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและการสร้างเสริมคุณค่าความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ภายใต้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่หนุนนำให้ผู้เรียนเกิดความกระหายใคร่รู้จนนำไปสู่การสร้างคุณค่าตระหนักในคุณค่าของตนเองและผู้อื่น (ประสาธน์ เนืองเฉลิม, 2558)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่มีวิถีทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและความคล่องแคล่ว (วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิตนนวนแก้ว, 2542) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถและความชำนาญในการใช้ความคิดและกระบวนการคิดเพื่อค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ (สมเกียรติ พรพสุทธิมาศ, 2551) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะของความสามารถที่เกี่ยวข้องกับจิตใจและร่างกาย (mental and physical abilities) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหา การพัฒนาตนเองและสังคม (Akinbobola and Afolabi, 2010) นอกจากนี้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นทักษะที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนได้แนวทางหรือวิธีการค้นคว้าวิจัย ผู้เรียนมีประสิทธิภาพการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นใฝ่เรียนรู้ การตอบสนองของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ และทำให้ผู้เรียนเข้าใจและมีทักษะในการฝึกปฏิบัติในการเรียนรู้มากขึ้น เป็นต้น (Aktamis and Yenice, 2010) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2561) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 14 ทักษะกระบวนการ ได้แก่ 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการวัด 3) ทักษะการจำแนกประเภท 4) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปก และสเปกกับเวลา 5) การใช้จำนวน 6) การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 8) ทักษะการพยากรณ์ 9) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 10) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 11) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 12) ทักษะการทดลอง 13) ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป และ 14) ทักษะการสร้างแบบจำลอง ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Model-building skills) คือ การสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจเพื่อช่วยให้ ผู้เรียน มองเห็นภาพและเข้าใจในมนต์ทัศน์ที่แฝงอยู่ในแบบจำลองนั้น การสร้างแบบจำลองจึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีส่วนช่วยเสริมให้ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวความคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมผ่านสื่อกลางหรือตัวแทนความคิดที่เรียกว่าแบบจำลอง นักวิทยาศาสตร์จึงต้องอาศัยกระบวนการแปลความหมายข้อมูลผ่านการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา (Bryce et al., 2016)

การเรียนรู้แบบ MORE (Model-Observe-Reflex-Explain) เป็นหนึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจกับแนวคิดเหมือนวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้จากการทดลอง สืบค้นข้อมูลทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว constructivism การสร้างองค์ความรู้โดยเน้นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่ได้มาจากการสังเกตและประสบการณ์ของผู้เรียน การใช้กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างอิสระของผู้เรียน ฝึกให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้มากกว่าการรับความรู้ และเรียนรู้จากการปฏิบัติของตนเอง (Harrison and Treagust, 1996; Rickey, 1999; Tien et al, submitted) ดังนั้น การเรียนรู้แบบ MORE เป็นวิธีจัดการเรียนการสอนที่นำความรู้เดิมของนักเรียนมาเป็นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ MORE จะเน้นให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดความคิดเห็นและการอภิปรายเกี่ยวกับผลจากการทำกิจกรรมเพื่อสะท้อนความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงความรู้เดิมของตนโดยผ่านการกระตุ้นด้วยคำถามจากครูผู้สอนเพื่อให้นักเรียนยอมรับความรู้ใหม่และปรับปรุงความรู้เดิมของตนให้ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

การเขียนผังความคิด หรือผังมโนทัศน์ ภาษาอังกฤษเรียกว่า “Concept Mapping” เป็นการเอาความคิดในสมองของเรา มาเขียนเป็นรูปลงกระดาษ ถ่ายทอดเป็นรูปร่างแบบแผนผัง เพื่อจะให้เห็นรายละเอียด ขั้นตอนความคิด หรือโครงสร้างความคิด ได้ง่ายกว่าการเขียนเป็นตัวหนังสือตามปกติ ช่วยให้สะดวก ประหยัดเวลา เพราะมีภาพชัดเจน ข้อดีของการเขียนผังความคิดหรือผังมโนทัศน์ ทำให้เห็นภาพรวมกว้าง ๆ ของหัวข้อใหญ่ หรือขอบเขตของเรื่อง ทำให้สามารถวางแผนเส้นทางหรือตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง เพราะรู้ว่าตรงไหนกำลังจะไปไหนหรือผ่านอะไรบ้าง สามารถรวบรวมข้อมูลจำนวนมากลงไว้ในกระดาษแผ่นเดียวกัน กระตุ้นให้คิดแก้ไขปัญหา โดยเปิดโอกาสให้มองเห็นวิธีใหม่ ๆ ที่สร้างสรรค์ สร้างความเพลิดเพลินในการอ่านและง่ายต่อการจดจำ และช่วยส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (เทียนทิพย์ จิ๋ว, 2562)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองจากการลงมือปฏิบัติอย่างแท้จริง ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า

3. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

3.1 ทำให้ทราบผลศึกษาและเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการทดลองศึกษาแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนทดลองและหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) โดยมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 1 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลองที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มทดลอง	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
	Pretest	Experimental	Posttest
E	T1	X	T2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

E แทน กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

X แทน การเรียนรู้แบบ 4MATเสริมด้วยแบบบันทึกการเรียนรู้

T1 แทน การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

T2 แทน การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดโรงเรียนเทศบาลอุดรธานีแห่งหนึ่ง จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 45 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 1 แผน 9 ชั่วโมง ในการพัฒนาแผนการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบ MORE และผังมโนทัศน์ วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดำเนินการออกแบบการเรียนรู้แบบ MORE เสริมผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และการหาคุณภาพของแผนการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน ทำการประเมินความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เวลา การวัดและประเมินผล และสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยคุณภาพของแผนการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ทั้งนี้แผนการเรียนรู้ได้ผ่านการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความเหมาะสมในการจัดกิจกรรม เวลา การวัดและประเมินผล ความเหมาะสมของสื่อ ซึ่งพบว่า แผนการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนชอบที่ได้ลงมือทำกิจกรรม โดยเฉพาะแบบจำลองทำให้เข้าใจในเรื่องของการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อทำพัดลมไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น นักเรียนสนุกและอยากทำกิจกรรมอีก 2) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด ในการพัฒนาแบบทดสอบผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร คู่มือครู คู่มือการวัดและการประเมินผล และเทคนิควิธีสร้างแบบทดสอบทักษะ

การสร้างแบบจำลอง วิเคราะห์สาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง พัดลมไฟฟ้าและจุดประสงค์การเรียนรู้ พัฒนาแบบทดสอบและหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชุดเดียวกับที่ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป จากผลการประเมินแบบทดสอบ พบว่า ค่า IOC ของแบบทดสอบ อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้ 1) ก่อนเรียน ผู้วิจัยทำความเข้าใจกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ในการดำเนินกิจกรรมการทดลองใช้แผนการเรียนรู้ 2) ระหว่างเรียน ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 แผน 9 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้และปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ยังตอบคำถามไม่ชัดเจน หรือไม่ตอบคำถามเพิ่มเติม 3) หลังเรียน ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง นำแบบทดสอบที่นักเรียนทำแล้วมาตรวจให้คะแนนเป็นคะแนนหลังเรียน และนำคะแนนไปวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานเป็นลำดับต่อไป การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความเข้าใจโน้มน้าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยการทดสอบ t-test for dependent sample

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า ประเมินนักเรียนหลังเรียนโดยให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลอง เรื่อง พัดลมไฟฟ้า และเขียนอธิบายภาพจำลอง ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Scale ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์

เลขที่	คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง					
	ประเด็น 1			ประเด็น 2		
	ภาพวาดจำลองสมบูรณ์ (เต็ม 4 คะแนน)		เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ (เต็ม 4 คะแนน)		รวมทั้ง 2 ประเด็น (เต็ม 8 คะแนน)	
	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
1	4	100.00	4	100.00	8	100.00
2	2	50.00	2	50.00	4	50.00
3	3	75.00	2	50.00	5	62.50
4	3	75.00	2	50.00	5	62.50
5	3	75.00	2	50.00	5	62.50

เลขที่	คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง					
	ประเด็น 1		ประเด็น 2		รวมทั้ง 2 ประเด็น (เต็ม 8 คะแนน)	
	ภาพวาดจำลองสมบูรณ์ (เต็ม 4 คะแนน)	เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ (เต็ม 4 คะแนน)				
	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
6	4	100.00	3	75.00	7	87.50
7	2	50.00	2	50.00	4	50.00
8	4	100.00	3	75.00	7	87.50
9	4	100.00	2	50.00	6	75.00
10	4	100.00	3	75.00	7	87.50
11	2	50.00	2	50.00	4	50.00
12	4	100.00	3	75.00	7	87.50
13	3	75.00	3	75.00	6	75.50
14	4	100.00	4	100.00	8	100.00
15	2	50.00	2	50.00	4	50.00
16	3	75.00	3	75.00	6	75.00
17	3	75.00	2	50.00	5	62.50
18	2	50.00	2	50.00	4	50.00
19	4	100.00	2	50.00	6	75.00
20	3	75.00	3	75.00	6	75.00
$\bar{x}$	3.15	78.75	2.55	63.75	5.70	71.25
S.D.	0.81	-	0.69	-	1.34	-
แปลผล	ดี	-	ปานกลาง	-	ปานกลาง	-

จากตารางที่ 2 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่องพัดลมไฟฟ้า โดยการวาดแบบจำลองพัดลมไฟฟ้าและแสดงกระบวนการการทำงานของพัดลมไฟฟ้าโดยให้มีพลังลมแรงขึ้นพบว่าคะแนนเฉลี่ยประเด็นที่ 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์ เท่ากับ 3.15 คิดเป็นร้อยละ 78.75 ผลการประเมินอยู่ในระดับดี คะแนนเฉลี่ยประเด็นที่ 2 เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ เท่ากับ 2.55 คิดเป็นร้อยละ 63.75 ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง และโดยภาพรวมคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลอง เท่ากับ 5.70 คิดเป็นร้อยละ 71.25 ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ผู้วิจัยได้นำผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในแต่ละด้านมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 โดยการทดสอบ t-test One Sample ปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง พัฒนไฟฟ้า กับเกณฑ์คะแนน
ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

ทักษะการสร้างแบบจำลอง	คะแนนเฉลี่ย (N=20)		
	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ
ประเด็น 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์	3.15	0.81	78.75
ประเด็น 2 เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์	2.55	0.69	63.75
ภาพรวม	5.70	1.34	71.25

จากตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลองเรื่องพัฒนไฟฟ้า หลังเรียน เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 พบว่า ประเด็นที่ 1 ทักษะการวาดโมเดลของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 (ร้อยละ 78.75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ประเด็นที่ 2 การเขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 (ร้อยละ 63.75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และโดยภาพรวมนักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 (ร้อยละ 71.25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. อภิปรายผลการวิจัย

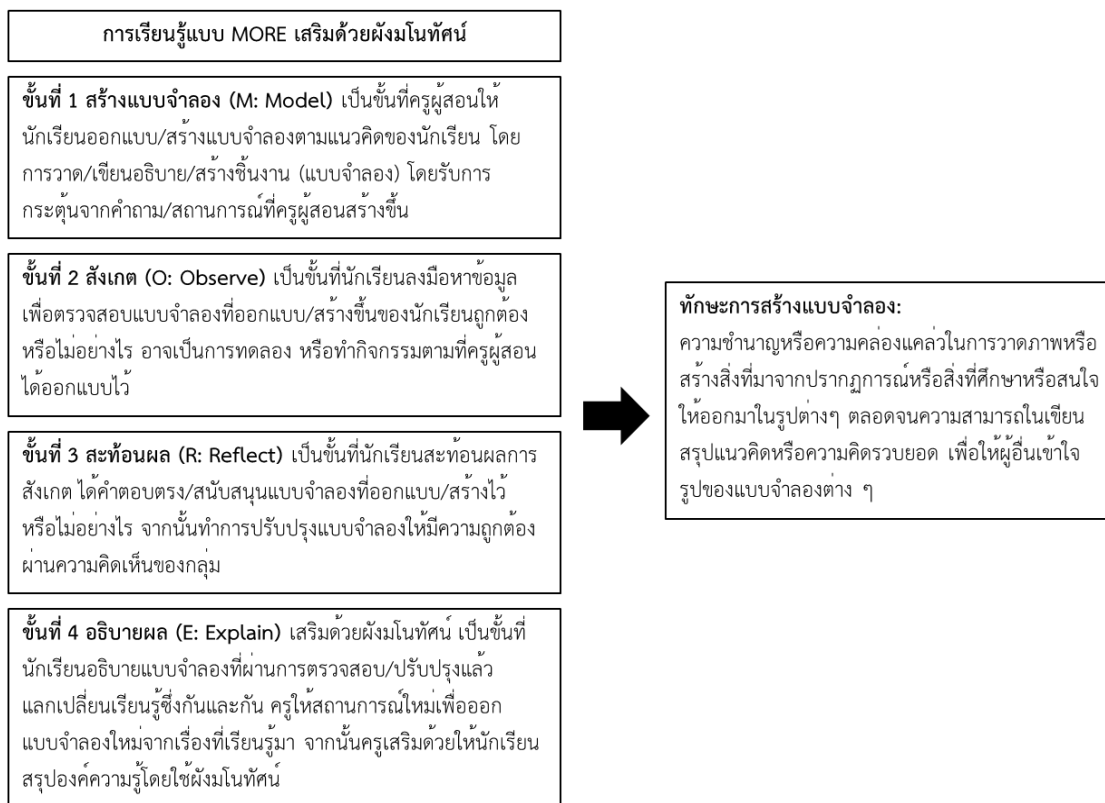
จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองในประเด็นที่ 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์อยู่ในระดับดี ประเด็นที่ 2 เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ และโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 พบว่า ประเด็นที่หนึ่งภาพวาดจำลองสมบูรณ์และโดยภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ประเด็นที่ 2 เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนออกแบบจำลองหรือวาดภาพแบบจำลอง เพื่อสร้างชิ้นงานในการนำไปใช้งานได้ โดยกิจกรรมเริ่มต้นจากการกระตุ้นนักเรียนด้วยสถานการณ์หรือประเด็นที่น่าสนใจ เพื่อให้นักเรียนคิดออกแบบวาดภาพจำลองเพื่อสร้างชิ้นงาน ในช่วงเริ่มต้นจะเป็นชิ้นงานของนักเรียนแต่ละคนที่ได้มาจากความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งอาจจะถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง กิจกรรมถัดมานักเรียนรวมกลุ่มกัน 4-5 คน เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองพูดคุยกันในเรื่องของแบบจำลองของตนเองที่ได้ออกแบบไว้ และลงมติเป็นแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนำไปสร้างชิ้นงาน โดยครูผู้สอนนำเสนอองค์ความรู้ของเรื่องให้นักเรียนกำลังจะสร้างชิ้นงานในรูปแบบของคลิปปิดิโอ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในรูปแบบของผังมโนทัศน์ แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันพิจารณาตัดสินใจและทำการปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้อง เพื่อการสร้างชิ้นงานในขั้นกิจกรรมนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแสดงความคิดเห็น ลงมติร่วมกัน ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำและกระตุ้นโดยการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้งานที่ดีที่สุด จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มหน้าชั้นเรียน เพื่ออภิปรายร่วมกันว่าจะดำเนินการสร้างชิ้นงานต่อไปได้หรือไม่อย่างไร โดยครูผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ของการต่อวงจรไฟฟ้าและความเป็นไปได้ของการทำงานของแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนได้ทำการปรับแก้แบบจำลองฉบับสมบูรณ์และร่วมกันสร้าง

ชิ้นงานจากแบบจำลองที่ออกแบบไว้ ระหว่างการลงมือสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทำงานร่วมกัน มีการวางแผนใครจะทำหน้าที่อะไรทำอะไรให้ชิ้นงานผลิออกมาให้ถูกต้องทันเวลา ครูผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของอุปกรณ์ คำแนะนำ เมื่อนักเรียนมีปัญหาระหว่างการสร้างชิ้นงาน เช่น อุปกรณ์ไม่ครบ หาอุปกรณ์ไม่เจอ ในกิจกรรมครั้งสุดท้ายชั้นอธิบาย (Explain) ชั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้แสดงชิ้นงานพร้อมนำเสนอกระบวนการทำงานของชิ้นงานหน้าชั้นเรียนครูผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงกระบวนการทำงาน ความภาคภูมิใจ ปัญหาอุปสรรคที่พบ แก้ปัญหาอย่างไร ร่วมกันพิจารณาความถูกต้องของชิ้นงานและผลงานชิ้นถัดไปควรเป็นอย่างไร ซึ่งในขั้นนี้สังเกตได้ว่านักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานและพูดคุยกันว่าถ้าได้ทำอีกครั้งจะอย่างไรให้ชิ้นงานของตนดีขึ้นและใช้ประโยชน์ได้อย่างดีหลังจากนำเสนอและเปลี่ยนผลงานหน้าชั้นเรียนแล้ว ท้ายกิจกรรมครูผู้สอนได้ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมครั้งนี้ว่าได้เรียนรู้อะไร อยากปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้หรือไม่อย่างไร ผลงานชิ้นถัดไปจะอย่างไร เป็นผังมโนทัศน์ ในขั้นนี้นักเรียนสะท้อนว่าชอบกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้ ชอบการได้เรียนจากการทำกิจกรรม ได้ความรู้และสรุปองค์ความรู้ในรูปแบบผังมโนทัศน์อยากเรียนรู้ในรูปแบบของกิจกรรมในลักษณะนี้อีกเรื่อย ๆ จากเหตุผลข้างต้น จึงทำให้นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 หลังการจัดการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์โดยใช้ของเล่นวิทยาศาสตร์เชิงไฟฟ้า ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือทำกิจกรรม ลงมือองค์ความรู้ในรูปแบบของการแสดงความคิดเห็นเป็นกลุ่ม ทำให้ทราบว่าแบบจำลองถูกต้องหรือไม่อย่างไรจากเพื่อนในชั้นเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวัฒน์ สิงห์ปลอด (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

7. องค์ความรู้ใหม่

การเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ หมายถึง การเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนออกแบบ/สร้างแบบจำลองเบื้องต้น เพื่อการสืบค้น/สังเกตผลของแบบจำลองว่าถูกต้องหรือไม่อย่างไร สะท้อนผลของการสร้างแบบจำลองเพื่อปรับปรุงแบบจำลองและอธิบายการสร้างแบบจำลองที่ถูกต้อง เสริมด้วยการสรุปองค์ความรู้ด้วยผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นการเขียนแสดงความคิดเห็น หรือสรุปแนวคิดโดยภาพรวมของข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย โดยการใช้สัญลักษณ์, รูปภาพ, หรือข้อความเพื่อช่วยในการสื่อสารและเข้าใจข้อมูลอย่างกระชับและชัดเจน จากการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยประเด็นที่ 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์ เท่ากับ 3.15 คิดเป็น ร้อยละ 78.75 ผลการประเมินอยู่ในระดับดี คะแนนเฉลี่ยประเด็นที่ 2 เขียนกระบวนการทำงานสมบูรณ์ เท่ากับ 2.55 คิดเป็นร้อยละ 63.75 ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง โดยภาพรวมคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลอง เท่ากับ 5.70 คิดเป็นร้อยละ 71.25 ผลการประเมินอยู่ในปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลองกับเกณฑ์หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองประเด็นที่ 1 ภาพวาดจำลองสมบูรณ์หลัง

เรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ที่ระดับนัยยะสำคัญทางสถิติ .01 ประเด็นที่ 2 กระบวนการทำงานสมบูรณ์หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และโดยภาพรวมทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ซึ่งขั้นตอนการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

8.1.1 ผู้บริหารหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรส่งเสริมการนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เรื่อง พัดลมไฟฟ้า ไปใช้ ครูผู้สอนควรศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อน โดยเฉพาะขั้นตอนที่ให้นักเรียนออกแบบพัดลมไฟฟ้าเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ครูจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ให้มากที่สุด และ 2) การเขียนผังมโนทัศน์ ครูผู้สอนควรแนะนำให้นักเรียนว่าจะต้องเขียนบันทึกเกี่ยวกับอะไรบ้าง

8.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ปฏิบัติ

8.2.1 ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองครูผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนลงมือในการสร้างแบบจำลองด้วยหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถสร้างได้หรือไม่อย่างไร และเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยพยายามให้นักเรียนได้ลงมืออย่างมีเหตุผลและเป็นประชาธิปไตย

8.2.3 ในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้ครูผู้สอนควรทำหน้าที่เป็นเพียงผู้ดูแลให้คำแนะนำช่วยเหลือนักเรียน และควรสร้างบรรยากาศให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระ กระตุ้นและให้กำลังใจเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

8.2.4 ควรมีการสะท้อนผลของกิจกรรมทุกครั้งว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้อะไรบ้าง และครูผู้สอนจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างไร และควรปรับปรุงอย่างไร เพื่อการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

8.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

8.3.1 ควรพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ MORE เสริมด้วยผังมโนทัศน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองในสาระการเรียนรู้อื่นๆ และระดับชั้นอื่น

8.3.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรตามอื่นๆ เช่น ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการเขียนสรุปความ การนำเสนอผลงาน วิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

9. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- ชนวัฒน์ สิงห์ปลอด. (2562). **การพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้. คณะศึกษาศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2558). **การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพมหานคร : บริษัท แอคทีฟ พรินท์ จำกัด.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพมหานคร : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว. (2542). **การพัฒนาการคิดของนักเรียน ด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). **หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 1 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. **ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์**. 8(2). 28-38.

- สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. (2545). **การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนสำคัญที่สุด**. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานปฏิรูปการศึกษา (สปค.).
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบประสบการณ์และแบบที่เน้นปฏิบัติ**. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Akinbobola, A.O. and Afolabi, F. (2010). Analysis of science process skills in west African senior secondary school certificate physics practical examinations in Nigeria. Bulgarian. **Journal of Science and Education Policy**. 4(1). 32-47.
- Aktamis, H. and Yenice, N. (2010). **Determination of the science process skills and critical thinking skill levels**. Procedia Social and Behavioral Sciences. 2(2). 3282-3288.
- Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., ... Gilbert, G. S. (2016). Exploring Models in the Biology Classroom. **The American Biology Teacher**. 78(1). 35-42.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. **Science Education**. 80(5). 509–534.
- Marzano, R.J., Pickering, D.J. and Pollock, J.E. (2001). **Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement**. Virginia : Association for Supervision and Curriculum Development.

10. คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จิรา จุมพลหล้า อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.บุญเลี้ยง จอดนอก และ รองศาสตราจารย์ ดร.พัทธวัน นาใจแก้ว ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ผศ.คณิศร ดั่นสินนท์ คุณครูพลทรัพย์ โพธิ์สุ และ คุณครูธัญญา รัตนเพิ่มพูนสุข ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการ วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษาและคณะครูโรงเรียนบ้านนาทม และโรงเรียนเทศบาล 7 (รถไฟสงเคราะห์) ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกให้ความร่วมมือช่วยเหลือ ขอขอบคุณครอบครัวที่ คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา