

การพัฒนาสื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

The Development of Transformer Instructional Media for Teaching with 7E Learning Cycle Method

นิธิศ คุ่มเดช^{1*} และ วราภรณ์ ช้างเขียว²

Nithit Khumdech^{1*} and Waraphon Changkhiew²

Received: August 23, 2019; Revised: April 20, 2020; Accepted: May 14, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนรอบขดลวดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า ผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจทางการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้ชุดสื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ร่วมกับเทคนิคการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นปีที่ 5/1 โรงเรียนไทรน้อย จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยสื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับสื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติค่าร้อยละและค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)

ผลการวิจัยพบว่าจำนวนรอบขดลวดมีผลต่อการแปลงแรงดันไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี นักเรียนที่ได้รับการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับสื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.67 อยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนมีความพึงพอใจในรูปแบบการสอนและสื่อการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้า วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

Abstract

The objective of this research is to study the number of coil turns that affect the voltage change. The achievement and educational satisfaction of the Mathayomsuksa 5/1 students who used the instructional media set of the transformers in the 7E learning cycle model. Sampling groups were student in Sainoi Secondary School totally 34 students. The instruments were used in this research consisted of a demonstration set of transformers. 7E learning cycle model management plan in conjunction with the demonstration set of transformers, pre-posed test of achievement, and the satisfaction with analyzed data by statistics, percentage and normalized gain.

The research results can be summarized as follows. The number of turns in the coil can affect the voltage according to the theory, Students who studied 7E learning cycle model with the demonstration set of transformers

^{1*} สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต Physics Education Program, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

^{*}Corresponding author e-mail: yutthana_phi@dusit.ac.th

² สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต Physics Education Program, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

had higher learning achievement than before and enhancing learning equal to 0.67 at the level of medium and the satisfaction of students was at the highest level.

Keywords: Transformer, 7E Learning Cycle Model, Electrostatic Induction

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาชีวิต ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (KNOWLEDGE BASED SOCIETY) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

ในปัจจุบัน วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีขอบเขตกว้างขวางและได้รับการพัฒนามาแล้วอย่างมาก ฟิสิกส์ (PHYSICS) เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาธรรมชาติของสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ทำได้โดยการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎ ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือทำนายสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต (ดารณี พุ่มจันทร์หอม และคณะ, 2559) โดยวิชาฟิสิกส์นั้นมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมจึงยากแก่การตีความการเข้าใจ จึงทำให้นักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์เนื่องจากไม่มีพื้นฐานความรู้เดิมที่จะใช้ต่อยอดในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และจากการรายงานผลการทดสอบการศึกษาระดับชั้นพื้นฐานแห่งชาติ (ORDINARY NATIONAL EDUCATIONAL TEST; O-NET) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 คะแนนเฉลี่ย 33.40 ปีการศึกษา 2559 คะแนนเฉลี่ย 31.62 ปีการศึกษา 2560 คะแนนเฉลี่ย 29.37 ปีการศึกษา 2561 คะแนนเฉลี่ย 30.57 พบว่าคะแนนเฉลี่ยในแต่ละปีการศึกษาลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นควรมีการปรับปรุงการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งต้องการให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาให้สูงขึ้น

จากการศึกษาพบว่าการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนจะส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นควรตรวจสอบความรู้เดิม และสอดแทรกความรู้ใหม่ ซึ่งวิธีการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอนเป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิดของ EISENKRAFT (วัชรพร พงษ์จันทร์, 2558) ซึ่งขั้นตอนการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นมีดังนี้ 1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (ELICITATION PHASE) 2. ขั้นสร้างความสนใจ (ENGAGEMENT PHASE) 3. ขั้นสำรวจและค้นหา (EXPLORATION PHASE) 4. ขั้นอธิบาย (EXPLANATION PHASE) 5. ขั้นขยายความคิด (EXPANSION PHASE) 6. ขั้นประเมินผล (EVALUATION PHASE) 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (EXTENSION PHASE) ดังนั้นจึงได้จัดทำชุดการเรียนรู้ของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาฟิสิกส์ ให้มีเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคนิคการ

เรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนช่วยกันศึกษาให้เกิดความเข้าใจมีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา และสามารถอธิบายในการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สื่อการสอนการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจทางการเรียนโดยใช้สื่อการสอนการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ทบทวนวรรณกรรม

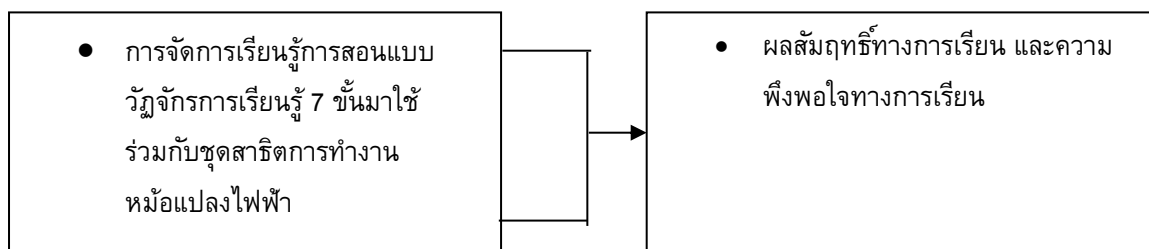
แคทรียา สุวรรณศรี (2554) งานวิจัยนี้กล่าวเกี่ยวกับการพัฒนาและสร้างหม้อแปลงทดสอบไฟฟ้าแรงสูง ขนาด 50 กิโลโวลต์ 6 กิโลโวลต์-แอมแปร์ การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60060-1 และ IEC 60060-2 โดยทำงานกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ การทดสอบการวัดค่าสูญเสียกำลังไฟฟ้าและกระแสไม่มีโหลดการทดสอบการลัดวงจร และการทดสอบเพื่อวัดอัตราส่วนแรงดัน ได้จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบคุณสมบัติของหม้อแปลงทดสอบซึ่งผลการออกแบบและสร้างหม้อแปลงดังกล่าวสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีตามคุณสมบัติการผลิตไฟฟ้าแรงสูง

Tomislav Župan (2017) บทความนี้นำเสนอวิธีการคำนวณแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายในที่มีประโยชน์สำหรับการสร้างแบบจำลองการพันขดลวดไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่าวิธีการที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจและสามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็ว วิธีการคำนวณการตอบสนองความถี่สูงชั่วคราวของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าจะถูกนำเสนอ วิธีนี้แสดงให้เห็นว่าเป็นข้อตกลงที่ดีกับเครื่องมือที่ใช้ FEM ระดับมืออาชีพ

จินดารัตน์ แก้วพิกุล (2554) การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การเปลี่ยนแปลงแนวความคิดและการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น แบบแผนการทดลอง ประยุกต์ตามแบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Control Group Pretest-Posttest Design ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงแนวความคิดมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ศิวพร ศรีเจริญ (2559) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ผลการวิจัยพบว่า (1) การคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ดารณี พูลจันทร์หอม และคณะ (2559) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 2) ความคิดสร้างสรรค์ 3) เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนที่เรียนโดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนโดยใช้การจัดการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักร การเรียนรู้ 7E สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



รูปที่ 1: กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทย์ - คณิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนไทรน้อย อำเภไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 231 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 แผนการเรียนวิทย์ - คณิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนไทรน้อย มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 34 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

2. เครื่องมือในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาชุดสาคิตการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

2.1 ชุดสาคิตการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจทางการเรียนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จำนวน 10 ข้อ ประกอบด้วยด้านเนื้อหา 5 ข้อ และด้านชุดทดลอง 5 ข้อ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ชุดสาคิตการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 แผนการเรียนวิทย์ - คณิต จำนวน 34 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

3.2 อธิบายการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

3.3 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.4 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดสาคิตการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.5 เมื่อสิ้นสุดการสอน ทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มนักเรียนตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า และแบบประเมินความพึงพอใจชุดสาคิตการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

3.6 ทำการตรวจคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า และแบบประเมินความพึงพอใจ แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน และความพึงพอใจ โดยใช้วิธีการทางสถิติ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดสาธิตการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้วิธีทางสถิติค่าร้อยละและค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain)

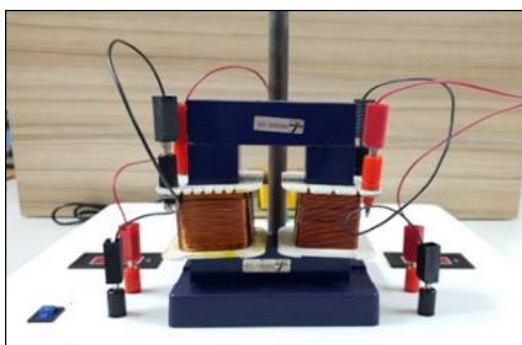
4.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจทางการเรียนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้วิธีทางสถิติหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำมาเทียบกับเกณฑ์ในการวิเคราะห์

ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1. สื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ผลการทดลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
4. ผลสัมฤทธิ์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

1.1 สื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า



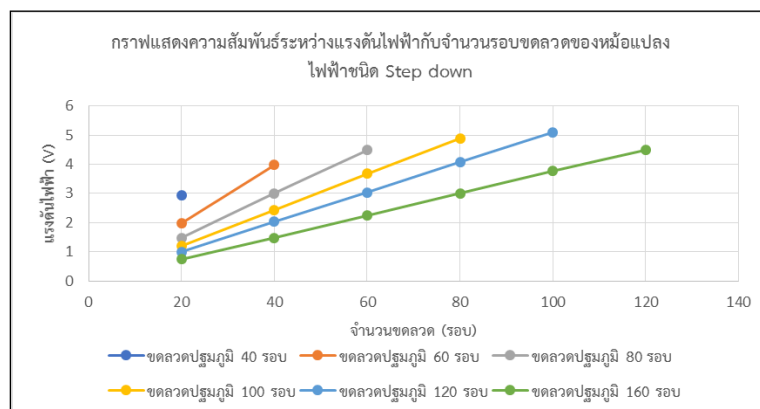
รูปที่ 2: สื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

1.2 ผลการทดลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

ผลการทดลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยทดลองการเปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Step-down และ Step-up ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของหม้อแปลงชนิด Step down

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ		แรงดันไฟฟ้า ทุติยภูมิ(E_s)	ความคลาด เคลื่อน (%)
จำนวนขดลวด (N_p)	แรงดันไฟฟ้า (E_p)	จำนวน ขดลวด (N_s)	แรงดันไฟฟ้า (E_s)		
40	6.21	20	2.93	3.00	2.33
60	6.33	20	1.98	2.00	1.00
60	6.33	40	3.97	4.00	0.75
80	6.39	20	1.48	1.50	1.33
80	6.39	40	3.01	3.00	0.33
80	6.39	60	4.48	4.50	0.44
100	6.42	20	1.20	1.20	0.00
100	6.42	40	2.43	2.40	1.25
100	6.42	60	3.67	3.59	2.22
100	6.42	80	4.89	4.80	1.87
120	6.42	20	1.00	1.00	0.00
120	6.42	40	2.03	2.00	1.50
120	6.42	60	3.04	3.00	1.33
120	6.42	80	4.08	4.00	2.00
160	6.42	20	0.74	0.75	1.33
160	6.42	40	1.48	1.50	1.33
160	6.42	60	2.24	2.24	1.33
160	6.42	80	3.01	3.00	0.33
160	6.42	100	3.77	3.75	0.53
160	6.42	120	4.49	4.47	0.44
เฉลี่ย					1.06

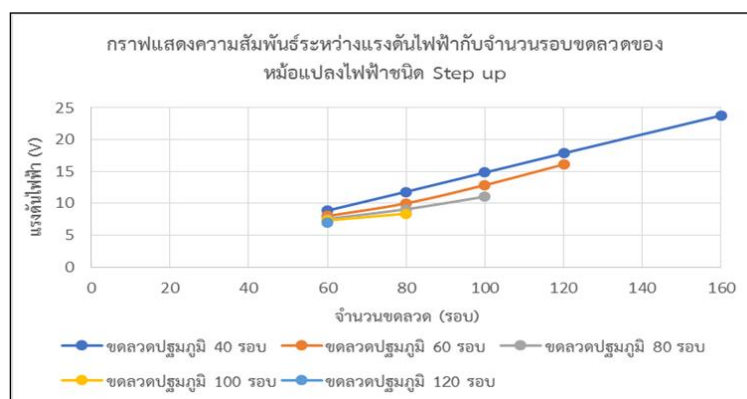


รูปที่ 3: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Step down

จากรูปที่ 3 พบว่า กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับจำนวนรอบขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด step down จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขดลวดทุติยภูมิจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิและขดลวดปฐมภูมิ เมื่อจำนวนรอบขดลวดในด้านทุติยภูมิมีจำนวนรอบน้อยกว่าจำนวนรอบขดลวดในด้านปฐมภูมิแรงดันไฟฟ้าขาออกทางด้านทุติยภูมิก็จะมีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าทางด้านปฐมภูมิตามอัตราส่วนของจำนวนรอบขดลวดซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีกฎการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ข้อที่สองที่ว่า ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ที่เชื่อมโยงกับขดลวด การเชื่อมฟลักซ์ของขดลวดเป็นผลผลิตของจำนวนรอบในขดลวด และฟลักซ์ที่เกี่ยวข้องกับขดลวด

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของหม้อแปลงชนิด Step up

ด้านปฐมภูมิ		ด้านทุติยภูมิ		แรงดันไฟฟ้า	ความคลาดเคลื่อน
จำนวน	แรงดันไฟฟ้า	จำนวน	แรงดันไฟฟ้า	ทฤษฎี(E_s)	(%)
ขดลวด(N_p)	(E_p)	ขดลวด (N_s)	(E_s)		
40	60	6	08.88	9.00	1.33
40	80	6	11.83	12.00	1.41
40	100	6	14.84	15.00	1.06
40	120	6	17.86	18.00	0.78
40	160	6	23.80	24.00	0.83
60	80	6	08.02	8.00	0.25
60	100	6	10.02	10.00	0.20
60	120	6	12.04	12.00	0.33
60	160	6	16.13	16.00	0.81
80	100	6	07.58	7.50	1.06
80	120	6	09.10	9.00	1.11
80	160	6	12.19	12.00	1.58
100	120	6	07.34	7.20	1.94
100	160	6	09.90	9.60	3.13
120	160	6	08.20	8.04	1.99
				เฉลี่ย	1.18



รูปที่ 4: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Step up

จากภาพที่ 4 พบว่ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับจำนวนรอบขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Step up จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขดลวดทุติยภูมิจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิและขดลวดปฐมภูมิ เมื่อจำนวนรอบขดลวดในด้านทุติยภูมิมีจำนวนรอบมากกว่าจำนวนรอบขดลวดในด้านปฐมภูมิ แรงดันไฟฟ้าขาออกทางด้านทุติยภูมิก็จะมีค่ามากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าทางด้านปฐมภูมิตามอัตราส่วนของจำนวนรอบขดลวด ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ข้อที่สองที่ว่าขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ที่เชื่อมโยงกับขดลวด การเชื่อมฟลักซ์ของขดลวดเป็นผลผลิตของจำนวนรอบในขดลวดและฟลักซ์ที่เกี่ยวข้องกับขดลวด

จากผลการทดลองทั้งค่าในตารางผลการทดลองและกราฟความสัมพันธ์จะเห็นว่า หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าขาออกในด้านทุติยภูมิได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดในด้านทุติยภูมิ เมื่อจำนวนรอบขดลวดในด้านทุติยภูมิมากกว่าหรือน้อยกว่าจำนวนขดลวด ในด้านปฐมภูมิค่าแรงดันไฟฟ้าในด้านทุติยภูมิก็จะเพิ่มขึ้นและลดลงตามอัตราส่วนของจำนวนรอบขดลวดในด้านปฐมภูมิต่อจำนวนรอบขดลวดในด้านทุติยภูมิ

1.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน เพื่อหาความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียน ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความก้าวหน้าทางการศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

	N	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	<g>
ก่อนเรียน	34	2.82	1.07	28.23	0.68
หลังเรียน	34	7.70	0.82	77.05	

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความก้าวหน้าทางการศึกษาผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน-หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับสื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อนักเรียนได้รับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้สื่อการสอนส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียนอยู่ที่ 4.88 และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.68 อยู่ในระดับปานกลาง

1.4 ผลสัมฤทธิ์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการสอนเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มอย่าง

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	SD	แปลผล
ด้านเนื้อหา			
1. เนื้อหาที่น่าสนใจ	4.28	0.59	พอใจมาก
2. เนื้อหาเข้าใจง่ายและมองเห็นได้ชัดเจนเมื่อทำกิจกรรม	4.69	0.51	พอใจมากที่สุด
3. นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหามากกว่าการเรียนปกติ	4.50	0.59	พอใจมาก
4. นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม	4.42	0.59	พอใจมาก
5. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	4.50	0.55	พอใจมาก
ด้านสื่อ			
6. สื่อการสอนมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.59	0.54	พอใจมากที่สุด
7. สื่อการสอนมีความน่าสนใจ และดึงดูดความสนใจ	4.59	0.54	พอใจมากที่สุด
8. ขนาดของสื่อการสอนมีความเหมาะสม	4.52	0.55	พอใจมากที่สุด
9. สื่อการสอนใช้งานง่าย และมีความปลอดภัย	4.54	0.59	พอใจมากที่สุด
10. การเรียนการสอนโดยใช้สื่อการสอนสามารถทำให้เข้าใจเนื้อหาได้มากกว่าเรียนไม่มีสื่อการสอน	4.54	0.67	พอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.51	0.57	พอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยทั้งหมดและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.51 และ 0.57 ตามลำดับ ซึ่งมีเกณฑ์อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดกับการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้สื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่าการเรียนแบบปกติซึ่งมีแต่เนื้อหาและไม่มีสื่อการสอนในเรื่องดังกล่าว

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยการพัฒนาสื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีประเด็นนำมาอภิปรายดังนี้

1. จากผลการทดลองเป็นไปตามหลักทฤษฎีหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่ว่าการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า อาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็ก ในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำ ก็จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำนั้น และถ้ากระแสที่ป้อนมีขนาดและทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปมา ก็จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวตัดผ่านตัวนำ ก็จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะสัมพันธ์กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความเร็วในการตัดผ่านตัวนำของสนามแม่เหล็ก โดยอาศัยการคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนทางไฟฟ้า จากสมการอัตราส่วนระหว่างจำนวนขดลวดในด้านปฐมภูมิกับจำนวนขดลวดในด้านทุติยภูมิ จะเท่ากับอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าในด้านปฐมภูมิกับแรงดันไฟฟ้าในด้านทุติยภูมิ เมื่อเพิ่มหรือลดจำนวนรอบขดลวด ไม่ว่าจะเป็นในด้านปฐมภูมิหรือด้านทุติยภูมิ ก็จะส่งผลให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มและลดตามจำนวนอัตราส่วน โดยมีร้อยละความเคลื่อนเฉลี่ย 1.06 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ไม่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งหมดเนื่องจากการมีกระแสไหลวนกลับภายในขดลวดและสภาพด้านทานภายในขดลวด และขนาดของบ็อบบินที่พันลวดไม่สมมาตรกับขนาดของแกนเหล็ก

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้สื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอยู่ที่ 4.88 และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยของจินดารัตน์ แก้วพิกุล (2554) และศิวพร ศรีเจริญ (2559) ที่แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นที่เน้นกระบวนการคิดที่ต่อเนื่อง โดยแบ่งเป็น 7 ขั้น 1. ตรวจสอบความรู้เดิม โดยผู้วิจัยจะตรวจสอบความรู้เดิมจากนักเรียนโดยการซักถาม และแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อให้ทราบถึงว่าผู้วิจัยควรดำเนินการในเนื้อหาไหนอย่างไร 2. ขั้นสร้างความสนใจ โดยผู้วิจัยได้ทำการนำสื่อการสอนมาให้ให้นักเรียนได้สังเกต แล้วเกิดความสนใจ 3. ขั้นสำรวจและค้นหา โดยผู้วิจัยจะทำการตั้งปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้ทำการสำรวจ และทำการทดลองโดยใช้สื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า หาคำตอบในปัญหาดังกล่าว 4. ขั้นอธิบาย เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาเพียงพอแล้ว จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ สรุปผล และนำเสนอในภาพแบบต่าง ๆ 5. ขั้นขยายความคิด โดยการให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้กับความรู้เดิมไปเชื่อมโยงกันให้เกิดความเข้าใจที่มากขึ้น 6. ขั้นประเมินผล โดยผู้วิจัยจะประเมินนำเสนอข้อมูลของนักเรียนเพื่อประเมินความเข้าใจว่านักเรียนเข้าใจในเรื่องดังกล่าวมากน้อยเพียงใด 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากเหตุผลดังกล่าวจึงสนับสนุนได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

3. ความพึงพอใจทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้สื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ซึ่ง

ผลรวมความพึงพอใจของนักเรียนที่มีค่ามากที่สุด คือ เนื้อหามีความเข้าใจง่ายและมองเห็นได้ชัดเจน เมื่อทำกิจกรรมอยู่ที่ระดับ 4.69 เนื่องจากการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะเน้นการถ่ายโอนความรู้และความรู้เดิมของนักเรียน และเมื่อมีสื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากการลองผิดลองถูก

จากเหตุผลดังกล่าวจึงสนับสนุนได้ว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับการใช้สื่อการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ามากที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการดำเนินงานวิจัย การพัฒนาสื่อการสอนเรื่องการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สรุปผลการวิจัย พบว่า

1. จากทฤษฎีหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าอัตราส่วนระหว่างจำนวนขดลวดในด้านปฐมภูมิกับจำนวนขดลวดในด้านทุติยภูมิ จะเท่ากับอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าในด้านปฐมภูมิกับแรงดันไฟฟ้าในด้านทุติยภูมิ ผลจากการทดลองเป็นไปตามหลักทฤษฎีโดยมีร้อยละความคลื่อน้อย 1.06 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ไม่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งหมดเนื่องจากการมีกระแสไหลวนกลับภายในขดลวดและสภาพต้านทานภายในขดลวด และขนาดของบ็อบบิ้นที่พันลวดไม่สมมาตรกับขนาดของแกนเหล็ก
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการสอนการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า มีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอยู่ที่ 4.88 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.68 อยู่ในระดับปานกลาง
3. ความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด โดยมีผลเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.51 และ 0.57 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรตรวจสอบคุณภาพอุปกรณ์ไม่ว่าเป็นแหล่งจ่ายไฟบ็อบบิ้น หรือแท่งเหล็กนำไฟฟ้าว่ามีสภาพชำรุดหรือเสียหายหรือไม่ แหล่งจ่ายไฟจ่ายไฟได้ถึงค่าที่ต้องการหรือไม่ ก่อนมีจะทำการนำสื่อการสอนไปทำการสอน ทั้งนี้ เพื่อประสิทธิภาพในการแปลงไฟ และป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นอีกด้วย
2. ในการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างมาก ควรมีการปรับเวลาให้ยืดหยุ่นให้เหมาะสมในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้ทันเวลา
3. ผู้สอนสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน สื่อการสอน หรือหาเทคนิคสอดแทรกในการทำการจัดกิจกรรม เพื่อเป็นการกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจ อยากรู้ อยากเห็น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มขนาดของขดลวด และตรวจสอบประสิทธิภาพของขดลวด ว่ามีการทนต่อกระแสไฟฟ้าได้มากน้อยเพียงใด เพื่อลดการไหลวนกลับของกระแสไฟภายในขดลวด
2. ควรปรับขนาดของบ็อบบิ้นที่พันขดลวดให้เหมาะสมกับแกนเหล็ก เพื่อทำให้การเหนี่ยวนำจากขดลวดด้านปฐมภูมิไปยังด้านทุติยภูมิได้ดียิ่งขึ้น
3. ควรศึกษาการจัดกิจกรรมที่บูรณาการร่วมกับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มมากยิ่งขึ้น จะส่งผลให้นักเรียนนำความรู้ไปต่อยอดในอนาคตได้

4. ควรศึกษาเพิ่มในภาพแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยศึกษาเกี่ยวนักเรียนในด้านเจตคติ การคิดวิเคราะห์ การคิดแบบมีวิจารณญาณ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จินดารัตน์ แก้วพิกุล. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงแนวความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ดารณี พวงจันทร์หอม และคณะ. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 210-222.
- วัชรพร ฟองจันทร์. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกวิชาชีววิทยา เรื่องระบบต่อมไร้ท่อสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Veridian E-Journal ฉบับภาษาไทยมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และศิลปะ*, 8(2), 301-314.
- ศิวพร ศรีเจริญ. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีผลต่อการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- Zupan, T., Trkulja, B., & Stih, Z. (2017, May). Power transformer winding model for lightning impulse testing. In Trkulja, B. (Ed.), *4th International Colloquium on Transformer Research and Asset Management 2017*: Vol. 202. (pp. 297-304). Pula, Croatia: Curran Associates.