

Research Article

Development of a Scientific Inquiry-Based Experimental Kit (5E) on Basic Direct Current Circuit Analysis for Solar Cell Power Systems to Enhance Academic Achievement in Energy Technology for Undergraduate Physics Students

Weera Punin*

Ph.D. (Applied Physics), Assistant Professor

Discipline of Physics, Faculty of Science, Lampang Rajabhat University

*Corresponding author: verapunin@hotmail.com

Received: May 4, 2024/ Revised: January 28, 2025/ Accepted: January 31, 2025

Abstract

This research aims to: 1) develop and evaluate the effectiveness of a scientific experiment kit on the topic "Basic Direct Current Circuit Analysis for Solar Cell Power Systems" with an effectiveness criterion of 80/80; 2) compare the learning achievements of students enrolled in an energy technology course before and after using the developed scientific experiment kit; and 3) examine the satisfaction of undergraduate physics students with the experiment kit based on the 5Es inquiry-based learning process. The sample was 15 third-year physics students from Lampang Rajabhat University, Lampang Province, selected through simple random sampling. Research instruments included: 1) the developed scientific experiment kit for analyzing basic direct current circuits in solar energy systems; 2) a learning achievement test for physics students; and 3) a questionnaire assessing students' satisfaction with the learning process using the experiment kit and the 5Es model. Data were analyzed using percentage progress scores, mean, standard deviation, and paired t-tests. The results revealed that: 1) the evaluation by experts showed that the developed scientific experiment kit was of the highest quality and had an effectiveness score of 86.67/82.67, exceeding the specified criterion; 2) a statistically significant improvement in learning achievement was observed at the .01 level, with post-test scores significantly higher than pre-test scores; and 3) students expressed the highest level of satisfaction with the developed experiment kit. These findings indicate that the scientific experiment kit facilitates the transformation of abstract concepts into concrete understanding, enhancing students' comprehension of basic direct current circuit analysis for solar cell power systems. Furthermore, the kit promotes long-term retention of knowledge and its practical application in daily life.

Keywords: Science Experimental Kit, 5E Inquiry-Based Learning Process, Learning Achievement

บทความวิจัย

ชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิต กระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีพลังงานของนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาฟิสิกส์

วีระ พันอินทร์*

ปร.ด.(ฟิสิกส์ประยุกต์), ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
*ผู้ประสานงาน: verapunin@hotmail.com

วันรับบทความ: 4 พฤษภาคม 2567/ วันแก้ไขบทความ: 28 มกราคม 2568/ วันตอบรับบทความ: 31 มกราคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานทั้งก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายเป็นนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 15 คน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ รายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่พัฒนาขึ้น สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าร้อยละความก้าวหน้าของคะแนน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อคุณภาพชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกันในระดับมากที่สุด และมีประสิทธิภาพ 86.67/82.67 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่เรียนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และ 3) นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์มีความพึงพอใจหลังจากเรียนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้น ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยอธิบายเนื้อหาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จากนามธรรมสู่รูปธรรมให้นักศึกษาเข้าใจมากขึ้น อีกทั้งช่วยให้จดจำองค์ความรู้ได้ในระยะยาวและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำสำคัญ: ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทนำ

ด้วยปัจจุบันรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานนั้นเป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญต่อความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทำให้มนุษย์คิดค้นและพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตมากขึ้นจึงได้ถูกบรรจุให้อยู่ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์) เพื่อให้ให้นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎพื้นฐานของฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นตามปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนสามารถนำหลักการทางฟิสิกส์ไปใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสำหรับแก้ไขวิกฤตทางด้านพลังงานและประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตประจำวันและอนาคต ในขณะที่การเรียนการสอนเนื้อหาวิชาเทคโนโลยีพลังงานของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านมามีผู้สอนเน้นวิธีการสอนแบบบรรยาย สนใจเฉพาะผลลัพธ์สุดท้ายของการสอนโดยอาศัยวิธีการสอนเฉพาะการคำนวณและการท่องจำจากเนื้อหาในตำราเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาโจทย์และแบบฝึกหัด แต่หลังสิ้นสุดภาคเรียนกลับพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงทำการสอบถามนักศึกษาที่ผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานด้วยแบบสอบถามจนได้คำตอบว่าการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนยังขาดความน่าสนใจและไม่มีสื่อการเรียนการสอนที่จะนำความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้หรือช่วยให้นักศึกษาเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไปอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่รู้สึกเบื่อหน่าย ไม่กระตือรือร้นในการเรียนรู้ รวมทั้งไม่สามารถจินตนาการตามเรื่องที่ผู้สอนกำลังพยายามสื่อให้เข้าใจได้เนื่องจากไม่เห็นภาพด้วยตาหรือไม่สามารถสัมผัสได้ จึงเป็นสาเหตุทำให้นักศึกษาไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาเทคโนโลยีพลังงานที่ผ่านมา

การพัฒนาชุดทดลองทางการศึกษาตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) นั้น มีงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้ชุดทดลองร่วมกับกระบวนการนี้ในการเพิ่มพูนการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของนักเรียน ตัวอย่างหนึ่งคือการศึกษารายงานของ Bybee (2009) ที่ศึกษาการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาที่ดีขึ้นและสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ Lederman et al. (2015) ได้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และสามารถจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ดีขึ้นเมื่อใช้ชุดทดลองร่วมกับกระบวนการนี้ การศึกษาของ Kim & Lee (2018) ยังเผยให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีจากการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยเน้นไปที่การเรียนรู้เรื่องพลังงานและการเคลื่อนที่ ซึ่งนักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติได้ดี การใช้ชุดทดลองในการศึกษานี้ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจหลักการพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ผ่านการทดลองที่กระตุ้นการคิดและการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีระเบียบ การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ช่วยให้นักศึกษาได้ใช้ความคิดที่ได้จากประสบการณ์ของนักศึกษาเอง (Charoen-agorn et al., 2017) สามารถกำหนดแนวคิดรวบยอดตามแนวความเข้าใจของตนเอง ประมวลเป็นความรู้และประยุกต์ใช้ความรู้ในการดำรงชีวิตประจำวันได้ (Faikhamta, 2008; Saphet, 2019) นอกจากนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพเป็นการช่วยตอบโจทย์นักศึกษาในศตวรรษที่ 21 (Benjakan, 2019; Boonphud, 2022) อย่างไรก็ตามปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีพลังงานเนื้อหาส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เกิดจากการขาดแคลนชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ สื่อ อุปกรณ์การเรียนการสอนหรือแม้แต่ปัญหาจากสื่อการสอนที่มีคุณภาพต่ำ รวมถึงมีความล้าสมัยไม่เหมาะสมกับเนื้อหาที่เป็นปัจจุบันการแสดงผลออกมาไม่ชัดเจน จึงทำให้นักศึกษาไม่สามารถจินตนาการภาพตามได้ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาไม่เป็นไปตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ เพราะฉะนั้นเพื่อความเข้าใจในเนื้อหาผู้สอนจึงควรออกแบบชุดการทดลองวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาเกิดความสนใจ กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและสามารถเข้าใจในเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น โดยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนั้นต้องมีความเที่ยงตรงในการเก็บข้อมูลได้ถูกต้องและชัดเจนตามเนื้อหาที่เป็นปัจจุบัน (Wattanasupinyo, 2020) สิ่งสำคัญของการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์สำหรับการสอนควรใช้วัสดุที่มีอยู่และจัดหาได้ง่ายในห้องเรียน (Sasom & Jupmato, 2019) ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตต่ำเพื่อที่จะทำให้สถาบันทางการศึกษาต่าง ๆ สามารถผลิตขึ้นได้เองและนำไปใช้เป็นสื่อการสอนช่วยให้นักศึกษาได้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นหรือทำได้จริงจากชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่เรียน เกิดความสนุกสนานในการเรียนรู้เมื่อได้ลงมือปฏิบัติจริง เข้าใจในสิ่งที่เรียนและประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21 (Sutthirat, 2021)

ดังนั้น ผู้สอนได้ตระหนักถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จำนวน 15 คน จึงหาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ระดับปริญญาตรี เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ดีขึ้นรวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่ได้เรียนรู้และเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันของตนเองได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานทั้งก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานระดับปริญญาตรี

สมมติฐานการวิจัย

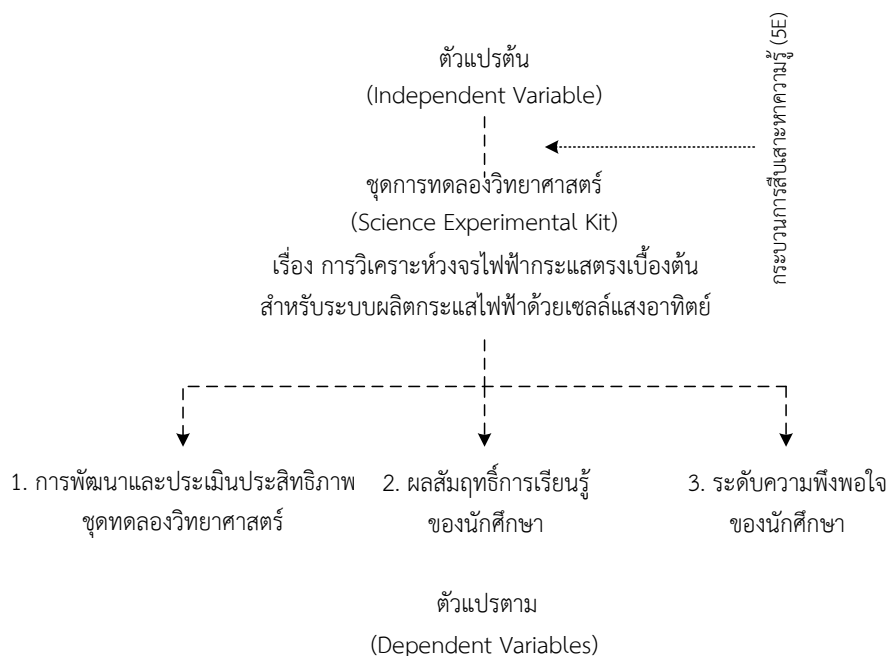
1. ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่หลังจากผ่านการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ที่หลังจากผ่านการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ระดับปริญญาตรีนั้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

กรอบแนวคิดการวิจัย (Research Framework)

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน โดยกรอบแนวคิดแสดงดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความ

พึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบลักษณะของการวิจัยเป็นประเภทการทดลองก่อนและหลังกับกลุ่มเดียว ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 15 คน ดังนี้

1. การพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ รวมทั้งตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยมีรายละเอียดสำคัญดังนี้

1.1 กำหนดรูปแบบชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ขอบเขตเนื้อหาที่จะใช้สอน วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างและคุณลักษณะของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร วารสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์

1.2 ออกแบบชุดทดลองวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน

1.3 สร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ที่สำคัญตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

ภาพประกอบ 2

ชุดทดลองการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์



(ก) การหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมทดสอบ



(ข) การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมทดสอบ

- 1) ติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังภาพประกอบ 2 (ก)
- 2) ต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์กับหลอดไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 9 วัตต์
- 3) ติดตั้งโคมไฟสปอร์ตไลท์สร้างแสงประดิษฐ์ วัดระยะและบันทึกค่าระหว่างโคมไฟสปอร์ตไลท์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- 4) ต่อมิเตอร์วัดกำลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับหัววัดกำลังงานแสงอาทิตย์ แล้วนำไปติดตั้งบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วัดค่ากำลังแสงประดิษฐ์และบันทึกค่ากำลังแสงประดิษฐ์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)
- 5) การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง เลือกตำแหน่งที่ต้องการวัดความต่างศักย์และตรวจสอบทิศทางกระแสไฟฟ้า นำสายวัดดิจิทัลมัลติมิเตอร์ไปต่อแบบขนานโดยใช้หัววัดแตะกับจุดที่ต้องการวัดและอ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าบนหน้าจอดิจิทัลมัลติมิเตอร์พร้อมบันทึกผล
- 6) การวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง เลือกตำแหน่งที่ต้องการวัดกระแสไฟฟ้า และตรวจสอบทิศทางกระแสไฟฟ้า นำสายวัดดิจิทัลมัลติมิเตอร์ไปต่อแบบอนุกรมโดยใช้หัววัดแตะบริเวณที่ต้องการวัดและอ่านค่ากระแสไฟฟ้าบนหน้าจอดิจิทัลมัลติมิเตอร์พร้อมบันทึกผล
- 7) นำค่าที่ได้มาคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกำลังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- 8) จากนั้นเปลี่ยนปฏิบัติการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาพแวดล้อมทดสอบโดยโรยแบ่งบางบนภาดกระจกใสเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมทดสอบและทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ (2)-(8)

9) เปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังสร้างสภาพแวดล้อมทดสอบ

10) สรุปและวิจารณ์ผลของสภาพแวดล้อมทดสอบที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์

แสงอาทิตย์

ตอนที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1) ติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อวงจรแบบอนุกรม ดังภาพประกอบ 2 (ข)

2) ต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานระหว่างหลอดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วนำไปต่อเข้ากับแหล่งพลังงานไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3) ติดตั้งโคมไฟสปอร์ตไลท์สร้างแสงประดิษฐ์ วัดระยะและบันทึกค่าระหว่างโคมไฟสปอร์ตไลท์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4) วัดค่ากำลังแสงประดิษฐ์และบันทึกค่ากำลังแสงประดิษฐ์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ตามข้อ (4) (ตอนที่ 1)

5) การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงก่อนและหลังการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงเข้าด้วยกันแบบอนุกรม ตามข้อ (5) และข้อ (6) (ตอนที่ 1)

6) นำค่าที่ได้มาคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามข้อ (7) (ตอนที่ 1)

7) ถอดหลอดไฟหลอดหนึ่งออกจากวงจรไฟฟ้า สังเกตและบันทึกผล

8) จากนั้นเปลี่ยนมาปฏิบัติการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อวงจรแบบขนาน และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ (2)-(7)

9) เปรียบเทียบผลการทดลองการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงเข้าด้วยกันแบบอนุกรมกับแบบขนาน

10) สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงเข้าด้วยกันแบบอนุกรมกับแบบขนาน

1.4 ตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการทดลองและเก็บรวบรวมผลการทดลองให้ถูกต้องตรงตามทฤษฎีและเห็นผลการทดลองที่ชัดเจนดังนี้

1) ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมทดสอบ ประกอบด้วยชนิดส่วนประกอบ หลักการทำงาน และการคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมทดสอบ รวมทั้งการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงเข้าด้วยกันสำหรับการใช้งาน โดยหลังการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์นักศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการใช้กระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นอกจากจะใช้ในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดได้แล้วยังสามารถกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่สำหรับใช้ในเวลากลางคืนได้ และปัจจัยทางธรรมชาติที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงกับสภาพทดสอบที่จัดขึ้น เช่น ฝุ่นละอองในอากาศ เมฆ หมอก พายุ และฝน แก๊สในชั้นบรรยากาศ ตลอดจนร่มเงาจากต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น

2) ตอนที่ 2 การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น อีเอ็มเอฟสมมูล ความต้านทานภายในสมมูล กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และพลังงานไฟฟ้า โดยหลังการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนักศึกษาสามารถสรุปได้ว่าวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเป็นวงจรที่ประกอบด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือตัวต้านทานที่ต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.5 ทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน จากมหาวิทยาลัยอื่นที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์

1.6 เขียนคู่มือการใช้งานชุดทดลองวิทยาศาสตร์และเตรียมนำไปใช้ร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน

2. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

2.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การกำหนดรูปแบบแบบประเมินและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่จะพัฒนาขึ้น

2.2 กำหนดรูปแบบและสร้างแบบประเมิน ซึ่งแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 25 ข้อ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Dwivedi & Pandey, 2021) ซึ่งแบ่งการประเมินคุณภาพ 5 ด้าน คือ 1) ลักษณะทางกายภาพทั่วไป 2) ความเหมาะสมของใบงาน 3) การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ 4) การใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และ 5) การนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยความหมายของการประเมินคุณภาพที่สอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยดังนี้ คือ 1.00-1.49 (น้อยที่สุด) 1.50-2.49 (น้อย) 2.50-3.49 (ปานกลาง) 3.50-4.49 (มาก) และ 4.50-5.00 (มากที่สุด)

- 2.3 นำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ
- 2.4 ตรวจสอบผลการประเมินและนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถนำไปใช้ได้
3. แผนการจัดการเรียนรู้ การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า กระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ รายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน จำนวน 1 แผน เวลาสอน 12 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้
- 3.1 ศึกษาวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนและการวัดประเมินผลการเรียนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งด้าน ความรู้ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21
- 3.2 ศึกษาความสอดคล้องและลำดับความสำคัญที่จัดลำดับให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ก่อนหลัง โดยพิจารณาขอบข่ายเนื้อหา และกิจกรรมในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
- 3.3 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดตามคำอธิบายในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
- 3.4 กำหนดเวลาเรียนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับขอบข่ายเนื้อหาสาระหรือจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมที่กำหนด
- 3.5 จัดทำคู่มือประกอบการเรียนการสอน ประกอบด้วย สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหารายวิชา กิจกรรม การเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ รูปแบบการวัดและการประเมินผลการเรียนที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 3.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (IOC) เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข และค่าที่ได้ต้องมีค่าระหว่าง 0.67-1.00
- 3.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องในรายวิชา เทคโนโลยีพลังงาน
4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ สำหรับ ทดสอบก่อนและหลังใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา แบบทดสอบดังนี้
- 4.1 ศึกษาหลักการเขียนแบบทดสอบและการสร้างแบบทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์
- 4.2 วิเคราะห์เนื้อหารายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาฟิสิกส์) พุทธศักราช 2565 และสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิต กระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
- 4.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
- 4.4 นำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นำผลของผู้เชี่ยวชาญหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่าที่ได้ต้องมีค่าระหว่าง 0.67-1.00
- 4.5 แบบทดสอบไปใช้กับนักศึกษา จำนวน 20 คน ที่เคยเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่างพบว่า ข้อสอบมีค่าของความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.45-0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.20-0.50 และค่าความเชื่อมั่น ($r_{tt} - KR 20$) เท่ากับ 0.79
- 4.6 นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับแก้ไขและผ่านเกณฑ์สร้างเป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป
5. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น
- 5.1 กำหนดให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนในหัวข้อเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นข้อสอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ได้จัดทำขึ้นไว้
- 5.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตามแผนการเรียนรู้ที่ได้จัดทำไว้
- 5.3 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดิม
- 5.4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Statistical Package for the Social Sciences: SPSS) เพื่อการ วิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระจากกันและกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน เปรียบเทียบผลระหว่างก่อนกับหลังทดลอง

6. การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น

6.1 ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น

6.2 กำหนดรูปแบบสอบถาม หัวข้อหลักและรายละเอียดของแบบสอบถามความคิดเห็น

6.3 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาเป็นแบบสอบถามที่ให้ความสำคัญ 5 ระดับ คือ มากที่สุด (5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) น้อยที่สุด (1) โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นแบบประเมิน 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ แบ่งเป็นการประเมินคุณภาพใน 2 ด้าน คือ 1) คุณค่าของชุดทดลอง และ 2) ความรู้ความเข้าใจ ทั้งนี้แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาสอดคล้องกับคะแนนคือ 1.00-1.49 (น้อยที่สุด) 1.50-2.49 (น้อย) 2.50-3.49 (ปานกลาง) 3.50-4.49 (มาก) และ 4.5-5.00 (มากที่สุด)

ภาพประกอบ 3

การจัดกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาพแวดล้อมทดสอบ



(ก) การจัดกิจกรรมการหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



(ข) กิจกรรมการต่อวงจรไฟฟ้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกันสำหรับการใช้งาน

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

7.1 เลือกนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มอย่างง่ายของนักศึกษาที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ จำนวน 15 คน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง ในรายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน

7.2 ดำเนินการปฐมนิเทศนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ให้มีความรู้ ความเข้าใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

7.3 ทำการทดสอบก่อนเรียนกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

7.4 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สอดคล้องตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยผู้สอนเป็นผู้นำการเรียนรู้ สร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ สนับสนุนและแก้ไขปัญหาของนักศึกษา กระตุ้นการสื่อสารและการทำงานร่วมกัน รวมถึงติดตามและประเมินผลการเรียนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ดังภาพประกอบ 3

7.5 เก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจากแผนการจัดการเรียนรู้

7.6 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดิม

7.7 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนหลังใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละความก้าวหน้าของคะแนน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระและนำค่าที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์ ตามลำดับ

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ผลของการแสดงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

จากการวิเคราะห์ผลของการแสดงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีความคิดเห็นต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1

ผลของการแสดงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

ด้านที่ประเมิน	ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความคิดเห็น
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	4.33	0.47	มาก
2. ความเหมาะสมของใบงาน	4.67	0.47	มากที่สุด
3. การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์	4.67	0.47	มากที่สุด
4. การใช้งาน การบำรุงรักษาและ การซ่อมแซม	4.33	0.47	มาก
5. การนำไปใช้ประกอบการเรียน การสอน	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.38	

จากตาราง 1 พบว่าผลการประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ในแต่ละด้านประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ความเหมาะสมของใบงาน ความสะดวกในการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ การติดตั้งชุดทดลอง ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความสอดคล้องสำหรับการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.60 จากคะแนนเต็ม 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นต่อคุณภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกันในระดับ “มากที่สุด” โดยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอนรายวิชาเทคโนโลยีพลังงานช่วยอธิบายความรู้จากนามธรรมให้เป็นรูปธรรมจะส่งผลให้นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากขึ้น นอกจากนี้ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด การปฏิบัติการทดลองที่สามารถต่อยอดสู่การเรียนรู้ได้อย่างมีความหมายทางด้านเทคโนโลยีพลังงานได้ดียิ่งขึ้น

1.2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

จากการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน จากมหาวิทยาลัยอื่นที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2

ประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

จำนวนนักศึกษา	คะแนนเก็บระหว่างเรียน (คะแนนเต็ม 20)		คะแนนทดสอบหลังเรียน (คะแนนเต็ม 20)		ประสิทธิภาพของ ชุดทดลอง
	$\bar{X}$	E ₁ (%)	$\bar{X}$	E ₂ (%)	E ₁ / E ₂
15	17.33	86.67	16.53	82.67	86.67/82.67

จากตาราง 2 พบว่านักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน ที่ทดลองใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำคะแนนระหว่างเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ย 17.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.67 และทำคะแนนหลังเรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนรู้ได้ถูกต้องเฉลี่ย 16.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.67 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ E₁/E₂ เท่ากับ 86.67/82.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนหลังจากใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่จัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนแล้วนำมาวิเคราะห์สถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3

การเปรียบเทียบผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	จำนวน นักศึกษา	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	15	20	13.07	1.44	-8.40**	14	.00
หลังเรียน	15	20	16.53	1.51			

**นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 3 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียน เท่ากับ 13.07 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.44 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 16.53 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.51 และจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยคะแนนที่แสดงให้เห็นว่านักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 17.3

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แบบทดสอบถามเป็นชนิดมาตราจัดอันดับ (Rating Scale) หรือการจัดอันดับคุณภาพจัดเรียงความคิดเห็นจาก มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแสดงผลการวิเคราะห์แยกประเด็นแสดงผลดังตาราง 4

ตาราง 4

ผลแสดงความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

ด้านที่ประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านคุณค่าของชุดทดลอง			
1) นวัตกรรมมีความน่าสนใจ เกิดแรงจูงใจ อยากใช้งาน	4.80	0.40	มากที่สุด
2) นวัตกรรมใช้งานง่าย ลำดับขั้นตอนชัดเจน ไม่สับสน	4.27	0.44	มาก
3) นวัตกรรมมีความแข็งแรง คงทน	4.47	0.62	มาก
4) นวัตกรรมมีความสนุก	4.47	0.50	มาก
5) ขนาดชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.53	0.50	มากที่สุด
6) เวลาในการใช้งานนวัตกรรมมีความเหมาะสม	4.80	0.40	มากที่สุด
7) ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	4.27	0.44	มาก
ค่าคะแนนเฉลี่ย	4.52	0.47	มากที่สุด
2. ด้านความรู้ความเข้าใจ			
1) นวัตกรรมมีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน	4.40	0.61	มาก
2) มีความรู้ ความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น หลังการใช้นวัตกรรม	4.47	0.50	มาก
3) สามารถเชื่อมโยงภาคทฤษฎีกับภาคปฏิบัติได้	4.53	0.50	มากที่สุด
4) สามารถอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจเป็นรูปธรรม	4.47	0.50	มาก
5) สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต	4.80	0.40	มากที่สุด
ค่าคะแนนเฉลี่ย	4.53	0.50	มากที่สุด
ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.52	0.48	มากที่สุด

จากตาราง 4 แสดงผลความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านคุณค่าของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.52 คะแนน และด้านความรู้ความเข้าใจ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.53 คะแนน โดยภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.52 จากคะแนนเต็ม 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ซึ่งอยู่ในระดับ “มากที่สุด” นักศึกษาได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมว่าชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีความสมจริง ทันสมัย สามารถทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เห็นภาพที่ชัดเจนช่วยให้เข้าใจมากกว่าการเรียนรู้เฉพาะทฤษฎีอย่างเดียว อีกทั้งยังช่วยให้จดจำองค์ความรู้ได้ระยะยาวและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการดำเนินชีวิตประจำวันได้

อภิปรายผล

1. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิทยาศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ได้รับการประเมินคุณภาพทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ความเหมาะสมของใบงาน ความสะดวกในการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ การติดตั้งชุดทดลอง ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความสะดวกสำหรับการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จากผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านมีค่า 4.60 จากคะแนนเต็ม 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38 ซึ่งพิจารณาเทียบเกณฑ์จะอยู่ในระดับมากที่สุด จึงได้นำไปใช้สอนกับนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ ชั้นปีที่ 3 จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีค่าเฉลี่ยคะแนนระหว่างเรียน 17.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.67 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังเรียน 16.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.67 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 แล้วพบว่าชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.67/82.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นของชุดทดลองวิทยาศาสตร์แล้ว มีความถูกต้องตามหลักการและสอดคล้องกับทฤษฎีทางฟิสิกส์ประยุกต์พลังงาน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นพบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 13.07 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 16.53 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากชุดทดลองวิทยาศาสตร์ช่วยอธิบายความรู้จากนามธรรมให้เป็นรูปธรรมส่งผลให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น เช่น ก่อนการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์นักศึกษาจะเรียนการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นด้วยการเขียนหรือการคำนวณวงจรไฟฟ้าตามแผนภาพวงจรกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถปฏิบัติการทดลองต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้าจริงได้ แต่หลังจากผ่านการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนักศึกษาสามารถปฏิบัติการทดลองได้และสะท้อนกลับไปทำความเข้าใจการเรียนแผนภาพวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้ดียิ่งขึ้น ตลอดจนนักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจนหลังจากได้สัมผัสรู้เห็นผลลัพธ์ได้ด้วยตาเปล่าตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichathum and Pinasa (2020) ใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เห็นภาพที่ชัดเจน ช่วยให้จดจำองค์ความรู้ได้ระยะยาว อีกทั้งยังเป็นการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ดีขึ้น

3. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวิทยาศาสตร์พบว่าความพึงพอใจของนักศึกษาหลังเรียนด้วยชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในด้านคุณค่าของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.52 คะแนน และด้านความรู้ความเข้าใจ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.53 คะแนน โดยภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.52 จากคะแนนเต็ม 5.00 อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากที่ผ่านมาในการเรียนเนื้อหาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นการเรียนการสอนในเชิงทฤษฎีโดยครูภาพในหนังสือประกอบการเรียนทำให้นักศึกษาขาดความสนใจ ขาดความกระตือรือร้นในการอยากเรียนรู้ แต่พอได้เห็นชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตลอดจนได้ลงมือปฏิบัติช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดความอยากเรียนรู้ มีความสนุกสนาน สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้จดจำองค์ความรู้และสามารถอธิบายหลักการการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Klinkajorn et al, (2018) ที่ศึกษาการใช้สื่อเป็นเครื่องมือช่วยสร้างความสนใจสำหรับการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ซึ่งพบว่าสื่อการสอนของครูผู้สอนมีส่วนสำคัญช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในทฤษฎีได้ดียิ่งขึ้นจากการที่ได้ลงมือปฏิบัติจริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้โดยนักการศึกษาผู้สอนวิชาเทคโนโลยีพลังงานที่ต้องการพัฒนาวิธีการสอนเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยเฉพาะในสาขาวิชาฟิสิกส์ การนำชุดการทดลองวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มาใช้จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และเสริมทักษะในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 นักพัฒนาเทคโนโลยีการศึกษาสามารถใช้ผลการวิจัยนี้ในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์สำหรับการเรียนรู้และทดลองวิชาเทคโนโลยีพลังงาน โดยการนำแนวคิดจากการทดลองเสมือนหรือการใช้สมาร์ตโฟนในการทดลองมาเป็นส่วนหนึ่งของสื่อการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้จากทุกที่ทุกเวลา

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งต่อไปอาจพิจารณานำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์เสมือน (Virtual Lab) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ซึ่งจะเพิ่มความสะดวกและความยืดหยุ่นสำหรับนักศึกษาที่ไม่สามารถเข้าถึงชุดทดลองวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการจริง และยังเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสถานการณ์โรคระบาดหรือข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา

2.2 การวิจัยในอนาคตอาจพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ตโฟนเพื่อการทดลองวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น แอปพลิเคชันดังกล่าวอาจมีฟีเจอร์การจำลองวงจรไฟฟ้า การตรวจวัดค่าในวงจรผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ เช่น Arduino หรือ Sensor และการบันทึกผลการทดลอง เพื่อให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีที่ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำในการดำเนินงานและข้อเสนอแนะจนการดำเนินงานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จโดยเรียบร้อยสมบูรณ์

References

- Benjakan, S., (2019). Effectiveness of the future problem- solving instructional model in science on problem solving thinking ability of students in Matthayom Suksa 3 students. *Journal of Buddhist Studies*, 10(2), 479-494. [in Thai]
- Boonphud, V., (2022). Development of an apparatus for determination of gravitational acceleration with digital timer with IoT AutoPlay program on a smartphone for physical laboratory, Royal Thai Naval Academy. *Royal Thai Naval Academy Journal of Science and Technology*, 5(1), 158-169. [in Thai]
- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and its application to the teaching of biology. *BioScience*, 59(11), 995–1005.
- Charoen-agsorn, A., Dumrongrattana, S., and Kedkaew, C., (2017). Development of learning on electric charges and type of electric charges for high school level using inquiry-based instruction. *Research Journal Phranakhon Rajabhat: Humanities and Social Sciences*, 12(2), 234-249. [in Thai]
- Dwivedi, R. and Pandey, N. (2021). Analysis of evaluation data collected on Likert type items: Humanities-courses. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 9(2), 102-121.
- Faikhanta, C., (2008). Student alternative conceptions in chemistry. *Journal of Education, Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani campus*, 19(2), 10-28. [in Thai]
- Kim, H., & Lee, S. (2018). The effect of 5E inquiry-based science teaching on students' understanding and attitudes towards the physics of energy and motion. *Journal of Science Education an Technology*, 27(4), 321–335.

- Klinkajorn, P., Yutakom, N., and Veerapaspong, T., (2018). Physics teacher' understandings and teaching practices in accordance with science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in a pre-engineering school. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkron Rajabhat University*, 12(2), 146-156. [in Thai]
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2015). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 55-61.
- Saphet, P., (2019). Using the Arduino board with LabVIEW for a mechanical experiment kit. *Thai Journal of Physics*, 36(2), 55-61. [in Thai]
- Sasom, S., and Jupmato, M., (2019). Design and development of a simple harmonic motion experimental set with Arduino. *Journal of Science Innovation for Sustainable Development*, 1(1), 36-43. [in Thai]
- Srichathum, N. and Pinasa, C., (2020). A study of grade-11 students' Physics learning achievement and achievement and attitudes in learning waves using a 7-step learning cycle with a series of experiments. *Journal of Education Loei Rajabhat University*, 15(1), 52-63. [in Thai]
- Sutthirat, C., (2021). Developing a Model of Learning Management for the 21st Century through Lesso Study with PLC and University Coaching and Mentoring. *Journal of Graduate Studies in Northern Rajabhat Universities*, 11(2), 75-92. [in Thai]
- Wattanasupinyo, N., (2020). The development of a current and magnetic field experimental apparatus for physics teaching to enhance undergraduate student achievement. *Journal of Education Naresuan University*, 22(1), 109-122. [in Thai]