การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Development of e-learning lessons to promote the ability to solve electrical circuit problems using voltage tracking and division techniques for 9th grade students

อังทินี กิตติรวีโชติ [1]

Aungtinee Kittiravechote [1]

Received: August 18,2023 Revised: August 18,2023 Accepted: November 27,2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ และโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 78 คน กลุ่มตัวอย่างถูกเลือกตามความสมัครใจจากโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ จำนวน 25 คน และจากโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จำนวน 26 คน รวมทั้งสิ้น 51 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนออนไลน์ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยพบว่า

1) บทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 88.71/83.07

2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: บทเรียนออนไลน์, เทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า, การแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

[1] Program of General Science, Faculty of Education, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

[1] Corresponding author email: aungtinee.ki@bsru.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to 1) develop and find the efficiency of e-learning lessons to promote the ability to solve electrical circuit problems using voltage tracking and division techniques for 9th grade students, to achieve the efficiency criteria of 80/80, 2) compare the ability to solve electrical circuit problems between before and after studying with e-learning lessons, and 3) compare the learning achievement between before and after studying with e-learning lessons. The population comprised 78 students from 9th grade at Dipangkornwittayapat Under Royal Patronage School and Wadyokkrabat School, Samut Sakhon province. The sample was selected voluntarily from Dipangkornwittayapat Under Royal Patronage School for 25 students and from Wadyokkrabat School for 26 students, totaling 51 students. The research tools included e-learning lessons, a test to measure the ability to solve electrical circuit problems, and an academic achievement test. Data analysis and statistics used included the arithmetic mean, standard deviation, and t-test for dependent samples.

The results were as follows:

1) E-learning lessons to promote the ability to solve electrical circuit problems using voltage tracking and division techniques for 9th grade students were effective and met the standard criteria of 88.71/83.07.

2) The ability to solve electrical circuit problems after studying was higher than before studying, with the statistical significance level of .01.

3) The academic achievement after studying was higher than before studying, with the statistical significance level of .01.

Keyword: e-learning lesson, voltage tracking and division techniques, electrical circuit problem

บทนำ

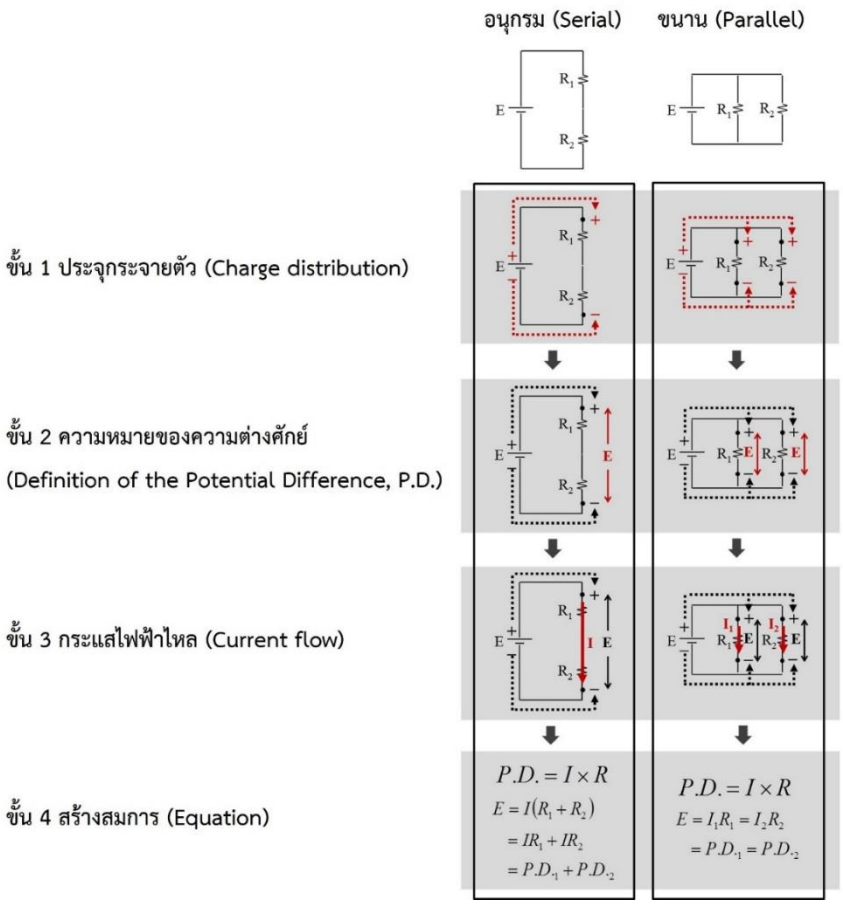
การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้เติบโตไปเป็นบุคลากรที่มีคุณภาพ เปรียบเหมือนดั่งเข็มทิศชีวิตที่คอยชี้นำทางสว่างให้กับคนทุกคน ดังพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ที่ได้พระราชทานไว้เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2527 เกี่ยวกับการศึกษาว่า “การให้การศึกษาที่ครบถ้วนทั้งทางด้านศีลธรรม จรรยา วิชาสามัญ และวิชาชีพนั้น เป็นการปูพื้นฐานอย่างสำคัญในการพัฒนาคนให้เป็นคนดีมีความสามารถ ซึ่งจะเป็นกำลังในการสร้างเสริมความเจริญมั่นคงของบ้านเมืองต่อไปในวันข้างหน้า” สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติซึ่งมุ่งเน้น “การสร้างหลักประกันให้ทุกคนได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างเสมอภาคและเท่าเทียม รวมถึงสนับสนุนโอกาสในการเรียนรู้ตลอดชีวิต” (UNESCO, 2005) เป้าหมายดังกล่าวส่งผลทำให้ระบบการศึกษาทั่วโลกต้องทำการปรับตัวและจัดการศึกษาให้ตรงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (สมศักดิ์ ดลประสิทธิ์, 2564) ผนวกกับแผนการศึกษาแห่งชาติฉบับปัจจุบัน ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาประชากรในวัยเรียน โดยการสร้างโอกาส ความเสมอภาค และความเท่าเทียมทางการศึกษาด้วยการใช้เทคโนโลยี อันจะช่วยให้นักเรียนทุกคน ทุกกลุ่ม ทุก

พื้นที่ และทุกระดับการศึกษา ได้รับการศึกษาในรูปแบบที่เหมาะสมตามศักยภาพของตนในสถานศึกษาที่มีมาตรฐานและคุณภาพทัดเทียมกัน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) จากสิ่งที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยจึงสนใจและต้องการหาแนวทางในการช่วยเหลือนักเรียน โดยการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์

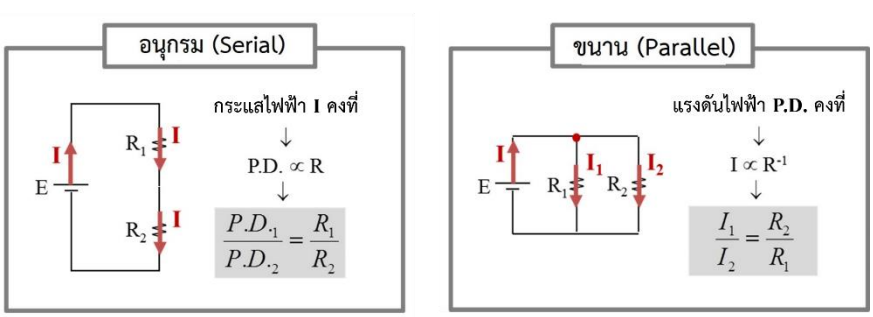
จากการลงพื้นที่ทำบริการวิชาการเพื่อพัฒนาครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร ตามยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น พบว่า ครูผู้สอนเล็งเห็นถึงความสำคัญในการจัดการเรียนการสอนบทเรียนไฟฟ้าให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื่องจากถูกบรรจุเป็นตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของรายวิชาพื้นฐาน อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น หรือประกอบอาชีพที่ต้องใช้ทักษะการช่างเบื้องต้น แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนมักประสบปัญหาเมื่อเรียนหัวข้อวงจรไฟฟ้า โดยขาดความเข้าใจในเนื้อหาและไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่า วงจรไฟฟ้าเป็นหัวข้อที่ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นประสบปัญหาทั้งทางด้านความเข้าใจในเนื้อหาและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการต่อวงจรไฟฟ้าเมื่อมีตัวต้านทานทางไฟฟ้าต่อกันแบบอนุกรมและขนาน ซึ่งยากต่อความเข้าใจของผู้เรียน โดยผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้จากความเป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรมได้ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องใช้สัญลักษณ์ในการคำนวณค่าต่าง ๆ ในสมการซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์ม (นิตยาภรณ์ ศรีภาแลว, 2557; ชาญวิทย์ คำเจริญ, 2565) ปัญหานี้นำไปสู่งานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ได้แก่ สลิลทิพย์ บุญเลิศ (2562) ที่ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนเชิงรุก เพื่อแก้ปัญหาแนวคิดคลาดเคลื่อนวิทยาศาสตร์ เรื่องวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ภาพรวมของผลคะแนนทดสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญ อภิรักษ์ กุลชุตินธร (2559) ที่ได้พัฒนาการเรียนรู้ วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 80 มีพัฒนาการการเรียนรู้สูงขึ้น นักเรียนร้อยละ 77 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ และความพึงพอใจโดยรวมของนักเรียนอยู่ในระดับมาก ชเนษฎ์ วิชาศิลป์ (2560) ที่ได้พัฒนาชุดการทดลอง เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสหลาย ๆ ด้านร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองที่ได้พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 Aungtinee Kittiravechote (2019) ที่ได้พัฒนาเทคนิคการสอน ชื่อเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า เพื่อแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาครู สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ผลการวิจัยพบว่า คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ เทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้า ดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นเทคนิคที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนสามารถสร้างสมการให้สอดคล้องกับกฎของโอห์มได้ โดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้า (หรือความต่างศักย์ไฟฟ้า) ระหว่างจุด 2 จุดใด ๆ เป็นหลัก มีขั้นตอน 4 ขั้น คือ ประจุกระจายตัว ความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าไหล และสร้างสมการ ส่วนเทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ดังภาพที่ 2 เป็นเทคนิคที่มีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ หัวข้อ อัตราส่วน มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ ถึงแม้ว่างานวิจัยที่กล่าวมานี้จะช่วยพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้องในเรื่องวงจรไฟฟ้า รวมไปถึงพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยที่มุ่งศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า

ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเน้นหนักในเรื่องของการคำนวณ ด้วยเหตุที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยจึงสนใจและต้องการหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาถูกศึกษาโดยให้นิยามและขั้นตอนต่าง ๆ มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 โดยนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน ซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา คือ ความสามารถของนักเรียนในการตอบโจทย์ คำถาม หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีข้อความและตัวเลขที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในทันทีทันใด ต้องอาศัยความหมายและการวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นเป็นตอนและมีเหตุผลในการวางแผนหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น (หน่วยศึกษานิเทศก์, 2545; วีรดา ลิมปิสวัสดิ์, 2564; พัชรฎา พลเยี่ยม, 2564) เกริก ศักดิ์สุภาพ (2562) ได้รวบรวมและสรุปงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้ Jill Larkin นำเสนอแนวทาง 3 ขั้น ได้แก่ อธิบายปัญหา วางแผน และตรวจสอบ David Hestenes นำเสนอ 4 ขั้น ได้แก่ อธิบายปัญหา วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้หาผลลัพธ์ และตรวจสอบ Ning Ding นำเสนอ 5 ขั้น ได้แก่ สำรวจปัญหา ประมวลความรู้ วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบคำตอบ และ Sergio Rojas นำเสนอ 6 ขั้น ได้แก่ ทำความเข้าใจกับปัญหา จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ และตรวจสอบและประเมินคำตอบ เป็นต้น งานวิจัยเหล่านี้สร้างกรอบแนวคิดให้นักเรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเข้าไปแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นการคำนวณได้อย่างเป็นขั้นเป็นตอน ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่สูงขึ้น (วีรดา ลิมปิสวัสดิ์, 2564; พัชรฎา พลเยี่ยม, 2564) นั่นแสดงว่า การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ และดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้าก็เป็นเทคนิคที่มีลำดับขั้นตอนเช่นกัน ดังนั้น เทคนิคนี้ก็น่าจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้ แต่มีความแตกต่างจากเทคนิคอื่นตรงที่มุ่งเน้นการแก้โจทย์ปัญหาเฉพาะเรื่องวงจรไฟฟ้าเท่านั้น จะไม่นำประเด็นอื่น ๆ มาร่วมพิจารณา เช่น การอ่านจับใจความซึ่งเป็นส่วนของการทำความเข้าใจกับปัญหา หรือการแก้สมการทางพีชคณิตซึ่งเป็นส่วนของการดำเนินการตามแผน เป็นต้น อันจะมีประโยชน์ตรงที่สามารถช่วยเหลือนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่เข้าใจกรอบแนวคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนแล้วว่าจะต้องดำเนินการอย่างไร แต่ก็ยังประสบปัญหากับการแก้โจทย์ปัญหานั้นจริง ๆ โดยไม่เข้าใจว่าจะต้องทำโจทย์อย่างไร เริ่มต้นตรงไหน ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาในเชิงของความเข้าใจในเนื้อหา ไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาในส่วนของการเห็นเป็นภาพ (Pictorial) ไปสู่การใช้สัญลักษณ์ (Abstract) ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถสร้างสมการตามกฎของโอห์มและแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงได้ (Aungtinee Kittiravechote, 2019)



ภาพที่ 1 เทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้า (ที่มา Aungtinee Kittiravechote, 2019)



ภาพที่ 2 เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้า (ที่มา Aungtinee Kittiravechote, 2019)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นโยบายทางการศึกษาได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ เพราะสามารถกระจายโอกาสทางการศึกษาให้คนทุกคนได้เรียนรู้อย่างเสมอภาคและเท่าเทียม ซึ่งในปัจจุบันต่างก็มีช่องทางในการเข้าถึงการศึกษาได้หลากหลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ เช่น Coursera, Udemy, edX แอปพลิเคชันการเรียนรู้ เช่น Khan

Academy สื่อสังคมออนไลน์เพื่อการแบ่งปันเนื้อหา เช่น YouTube, Medium ระบบการสื่อสารออนไลน์แบบถ่ายทอดสด เช่น Zoom, Google Meet หรือชั้นเรียนออนไลน์ เช่น Google Classroom, Microsoft Teams เป็นต้น โดยทุกช่องทางของการเข้าถึงความรู้นี้ต่างก็มีบทเรียนของครูผู้สอนซ่อนอยู่ บทเรียนที่ว่านี้ถูกเรียกว่า บทเรียนออนไลน์ และในที่นี้ ผู้วิจัยได้เลือกช่องทางการเผยแพร่บทเรียนออนไลน์ด้วย Google Classroom ผู้วิจัยสามารถสร้างและจัดการเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอนออนไลน์ได้ด้วยตนเอง มีความสะดวกสบายและง่ายต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นเพิ่มจำนวนนักเรียนในชั้นเรียน อัปโหลดคลิปช่วยสอน แบ่งปันเอกสาร และมอบหมายงานต่าง ๆ รวมถึงสร้างแบบทดสอบออนไลน์ และประเมินผลคะแนนของแบบทดสอบออนไลน์ได้อีกด้วย (สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา, 2561)

บทเรียนออนไลน์ หมายถึง การเรียนการสอนที่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครือข่ายอินเตอร์เน็ต และสัญญาณดาวเทียม เป็นต้น ในการถ่ายทอดความรู้เนื้อหา ซึ่งถูกนำเสนอด้วยตัวอักษร ภาพนิ่งผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์ และเสียง ซึ่งสามารถจัดกระทำร่วมกับระบบบริหารจัดการหลักสูตร เพื่อทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา (ไพฑูรย์ ศรีฟ้า , 2551; เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม, 2559; กรกนก ยงค์โภชน์, 2561) ความสำคัญของบทเรียนออนไลน์อยู่ที่การให้โอกาสในการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและเน้นการเรียนรู้แบบบุคคล ผู้เรียนสามารถเลือกการเรียนรู้ได้ตามอัธยาศัย รวมถึงสามารถทบทวนความรู้ด้วยการเรียนบทเรียนซ้ำได้ (จินตวีร์ คล้ายสังข์, 2556) โดยมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 4 ประการ ได้แก่ ความรู้เนื้อหาและสื่อการเรียนรู้ ซึ่งต้องออกแบบให้เข้าใจได้ง่ายและเหมาะสมกับผู้เรียน โดยมีสาระสำคัญที่ถูกแบ่งเป็นหน่วยย่อย ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และวัดผลความเข้าใจได้เป็นระยะ ๆ การจัดการชั้นเรียน ซึ่งต้องมีกิจกรรมหรือการทดลองที่ผู้เรียนสามารถทำระหว่างการเรียนออนไลน์ได้ เช่น โจทย์ปัญหา เกมส์ และแบบทดสอบเพื่อทดสอบความเข้าใจ เป็นต้น การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ซึ่งต้องใช้ระบบการแสดงความคิดเห็นผ่านแชท เพื่อช่วยเหลือและแนะนำผู้เรียนเมื่อเกิดปัญหาหรือต้องการกำลังใจ และการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในบทเรียนออนไลน์ ครูผู้สอนควรมีระบบการติดตามผลและการให้คำปรึกษาเพื่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป (ฐาปนีย์ ธรรมเมธา, 2557; เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม, 2559; วัชราภรณ์ เพ็งสุข, 2559; สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา, 2561; กรรณิการ์ วงษ์พานิชย์, 2564; Rattanan Rodthong, 2022) บทเรียนออนไลน์ที่ดีสามารถส่งผลต่อผู้เรียนในหลาย ๆ ด้าน เช่น นาตยา ช่วยชูเชิด (2561) ที่ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง แผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิด โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์อยู่ในระดับมาก อมรินทร์ อำพลพงษ์ (2562) ที่ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ วิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ 75/75 และนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเทียบผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 3.5 สุมาลี สิกเสน (2562) ที่ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การสร้างภาพเคลื่อนไหว ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ผลการวิจัยพบว่า ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด นาตยา ช่วยชูเชิด (2563) ที่ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบสืบเสาะร่วมกับโปรแกรมมูเดิล เรื่อง การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี ผลการวิจัยพบว่า ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์อยู่ในระดับมาก

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาบทเรียนออนไลน์ หัวข้อวงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้เทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า งานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าของนักเรียนเท่านั้น แต่ยังสามารถบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนในหัวข้อดังกล่าว เช่น ใช้ร่วมกับการสอนแบบปกติ ใช้เป็นบทเรียนเสริมหลักสูตร ใช้เป็นบทเรียนทบทวน หรือใช้เป็นบทเรียนเพื่อแก้ไขปัญหาภาวะการเรียนรู้ถดถอยของนักเรียน อีกทั้งยังมีข้อดีในด้านของการลดข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากร เงินทุน และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในกรณีเช่นเดียวกับการแพร่ระบาดของเชื้อโรค Covid-19 หรือภาวะฉุกเฉินต่าง ๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 กำหนดเกณฑ์ผ่านไว้ที่ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนบทเรียนออนไลน์ด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หัวข้อวงจรไฟฟ้า ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนบทเรียนออนไลน์ด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากกลุ่มโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 2 โรงเรียน ที่สมัครเข้าร่วมการวิจัยโดยความสมัครใจ จากโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ และโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จำนวนรวมทั้งสิ้น 78 คน

กลุ่มตัวอย่างถูกเลือกมาจากประชากรผ่านการเปิดรับสมัครนักเรียนเข้าร่วมโครงการวิจัยซึ่งเป็นการสอนนอกเหนือเวลาเรียนตามปกติ โดยมีนักเรียนจากโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ จำนวน 25 คน และจากโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จำนวน 26 คน รวมทั้งสิ้น 51 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า
    1) วิเคราะห์จุดมุ่งหมายและเนื้อหาของบทเรียน หัวข้อวงจรไฟฟ้า
    2) วิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง สภาพแวดล้อม และปัญหาการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง
    3) กำหนดและเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง
    4) ออกแบบและวิเคราะห์บทเรียนให้ชัดเจน เพื่อกำหนดโครงสร้างการเรียนรู้ ในที่นี้บทเรียนออนไลน์ ประกอบไปด้วยเนื้อหาจำนวน 15 ตอน ได้แก่ (1) วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น (2) วงจรอนุกรมและขนาน (3) โจทย์ปัญหา เรื่อง วงจรอนุกรมและขนาน (4) การหาค่าความต้านทานรวม (5) เทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม (6) โจทย์ปัญหา เรื่อง การคำนวณวงจรอนุกรม (7) เทคนิคการติดตาม

แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน (8) โจทย์ปัญหา เรื่อง การคำนวณวงจรขนาน (9) เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม (10) โจทย์ปัญหา เรื่อง การตรวจสอบคำตอบในวงจรอนุกรม (11) เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน (12) โจทย์ปัญหา เรื่อง การตรวจสอบคำตอบในวงจรขนาน (13) การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (14) การวัดค่ากระแสไฟฟ้า และ (15) การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

5) นำโครงสร้างการเรียนรู้ไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำครอบคลุมทั้งชื่อตอน มาตรฐานการเรียนรู้ ความคิดรวบยอด ลำดับขั้นตอนการสอน ภาระงานของผู้เรียน เวลา และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หัวข้อ วงจรไฟฟ้า

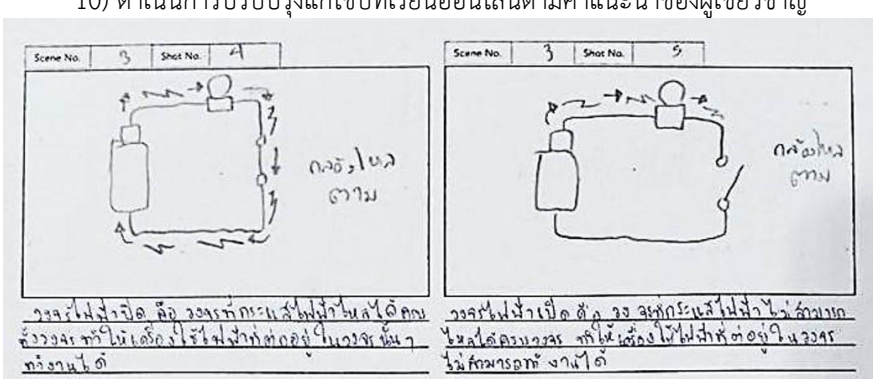
6) เขียนแผนผังเรื่องราวที่ใช้ในการนำเสนอบทเรียน (Story Board) ดังภาพที่ 3

7) จัดทำบทเรียนออนไลน์ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ได้แก่ (1) Adobe Premiere Pro (2) Adobe Animate และ (3) Adobe Photoshop ดังภาพที่ 4

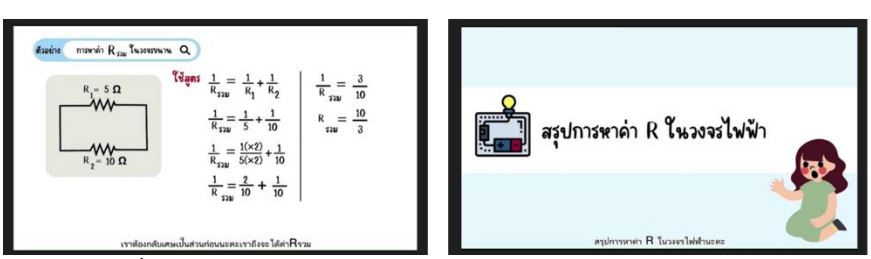
8) ทดสอบการทำงานของบทเรียนออนไลน์ว่าถูกต้อง ครบถ้วน และเล่นต่อเนื่องหรือไม่

9) ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์ด้วยแบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของบทเรียนออนไลน์อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.83 และ SD = 0.31)

10) ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนออนไลน์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ 3 ตัวอย่างแผนผังเรื่องราวที่ใช้ในการนำเสนอบทเรียน (Story Board)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการจัดทำบทเรียนออนไลน์ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

11) นำบทเรียนออนไลน์ ไปทดลองใช้แบบเดี่ยวกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน โดยคละผลการเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 1 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา รวมถึงนำข้อบกพร่องที่พบมาปรับปรุงแก้ไข ผลจากการหา

ประสิทธิภาพ พบว่า บทเรียนออนไลน์มีประสิทธิภาพ 62.22/55.56 ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงโดยแก้ไขภาษาที่ใช้ เรียบเรียงลำดับขั้นตอนการนำเสนอบทเรียน และเพิ่มตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า

12) นำบทเรียนออนไลน์ ไปทดลองใช้แบบกลุ่มกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน โดยคละผลการเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 3 คน เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์อีกครั้งหนึ่ง ผลจากการหาประสิทธิภาพ พบว่า บทเรียนออนไลน์มีประสิทธิภาพ 78.59/74.81 ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงโดยเลือกใช้ศัพท์วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

13) นำบทเรียนออนไลน์ ไปทดลองใช้แบบภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร โดยมาจากโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ จำนวน 25 คน และจากโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จำนวน 26 คน รวม 51 คน เพื่อหาค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 กำหนดเกณฑ์ผ่านไว้ที่ 80/80

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ซึ่งเป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 10 ข้อ โดยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นเป็นชุดเดียวกัน โดยมีกระบวนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

1) วิเคราะห์จุดมุ่งหมายและเนื้อหาของบทเรียนเรื่อง วงจรไฟฟ้า

2) กำหนดและเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า

3) สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยสร้างเป็นแบบเขียนตอบจำนวน 20 ข้อ โดยนำมาใช้จริง 10 ข้อ ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ 10 ข้อ ดังนี้ (1) รู้จักสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้า รู้จักทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า อธิบายวงจรไฟฟ้าเปิดและวงจรไฟฟ้าปิด (2) อธิบายหลักการทำงานของวงจรไฟฟ้าในพัดลม (3) ออกแบบวงจรสำหรับการวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ (4) คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรม ขนาน และผสม (5) คำนวณหาค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ในวงจรอนุกรม (6) คำนวณหาค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ในวงจรขนาน (7) คำนวณหาค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ในวงจรผสม (8) คำนวณหาค่าความต้านทานที่ไม่รู้ค่า จากวงจรไฟฟ้าอนุกรม (9) คำนวณหาค่าความต้านทานที่ไม่รู้ค่า จากวงจรไฟฟ้าขนาน (10) คำนวณหาค่าความต้านทานที่ไม่รู้ค่า จากวงจรไฟฟ้าผสม

4) นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า พร้อมทั้งหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence: IOC) โดยผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ผลประเมินที่มีค่าเฉลี่ย IOC +0.50 ขึ้นไป เนื่องจากข้อคำถามและจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน ยอมรับได้ ผลการประเมินค่าเฉลี่ย IOC ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ โดยทุกข้อมีค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ +1.00

5) ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6) นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเคยเรียนเนื้อหาวงจรไฟฟ้านี้มาแล้ว จำนวน 40 คน เพื่อ

วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ รวมทั้งนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข ในที่นี้ ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับคะแนนจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด แล้วทำการแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มเก่ง คือ นักเรียนที่มีคะแนนสูงเป็น 10 ลำดับแรก (คิดเป็น 25% ของนักเรียนทั้งหมด) กลุ่มอ่อน คือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำเป็น 10 ลำดับสุดท้าย (คิดเป็น 25% ของนักเรียนทั้งหมด) และกลุ่มปานกลาง คือ นักเรียนที่เหลือจากกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน แล้วจึงนำผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนไปคำนวณหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ พบว่า ข้อสอบทั้ง 20 ข้อผ่านเกณฑ์ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.48 – 0.57 และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้ออยู่ระหว่าง 0.74 – 1.00

7) คัดเลือกข้อสอบจำนวน 10 ข้อ ให้ใช้เป็นแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ซึ่งครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยข้อสอบทั้ง 10 ข้อนั้น มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.49 – 0.57 และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้ออยู่ระหว่าง 0.76 – 1.00

8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้ามาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเป็น 0.996 สรุปได้ว่า แบบวัดฉบับนี้มีคุณภาพด้านความเชื่อมั่นสูงมาก สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงได้

9) จัดพิมพ์แบบวัดความสามารถฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นเป็นชุดเดียวกันแต่สลับตัวเลือก ดังนี้

1) วิเคราะห์จุดมุ่งหมายและเนื้อหาของบทเรียน เรื่อง วงจรไฟฟ้า

2) กำหนดและเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบซึ่งแบ่งพฤติกรรม 6 ด้าน ตามทฤษฎีการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom's taxonomy) ประกอบด้วย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 60 ข้อ นำมาใช้จริง 30 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหา จุดประสงค์ และพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยมีสัดส่วนในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เท่ากัน

4) นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พร้อมทั้งหาค่า IOC โดยผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ผลประเมินที่มีค่าเฉลี่ย IOC +0.50 ขึ้นไป เนื่องจากข้อคำถามและจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน ยอมรับได้ ผลการประเมินค่าเฉลี่ย IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ โดย 50 ข้อมีค่าเป็น +1.00 และ 10 ข้อมีค่าเป็น +0.80

5) ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

6) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเคยเรียนเนื้อหาวงจรไฟฟ้านี้มาแล้ว จำนวน 40 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ รวมทั้งนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข ในที่นี้ ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับคะแนนจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด แล้วทำการแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มเก่ง คือ นักเรียนที่มีคะแนนสูงเป็น 10 ลำดับแรก (คิดเป็น 25% ของนักเรียนทั้งหมด) กลุ่มอ่อน คือ นักเรียนที่มี

คะแนนต่ำเป็น 10 ลำดับสุดท้าย (คิดเป็น 25% ของนักเรียนทั้งหมด) และกลุ่มปานกลาง คือ นักเรียนที่เหลือจากกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน แล้วจึงนำผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนไปคำนวณหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ พบว่า ข้อสอบ 60 ข้อ มีผ่านเกณฑ์ 57 ข้อ ไม่ผ่านเกณฑ์ 3 ข้อ ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้ออยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60

7) คัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ให้ใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยข้อสอบทั้ง 30 ข้อนั้น มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้ออยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60

8) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยสูตร KR-21 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเป็น 0.842 สรุปได้ว่า แบบทดสอบฉบับนี้มีคุณภาพด้านความเชื่อมั่น สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงได้

9) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์และแนะนำขั้นตอนการเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า

2. ก่อนดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าฉบับสมบูรณ์ 10 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ 30 ข้อ วัดผลก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง 51 คน และบันทึกคะแนน

3. ดำเนินการทดลอง โดยใช้บทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จำนวน 15 ตอน ๆ ละ 1.5 ชั่วโมง รวมเป็น 22.5 ชั่วโมง โดยแต่ละตอนมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

3.1 ทดสอบก่อนเรียน 10 นาที เพื่อประเมินความรู้เดิมของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 ข้อ

3.2 เตรียมความพร้อมผู้เรียน 5 นาที ชี้แจงจุดประสงค์ของบทเรียนและการใช้งานบทเรียนออนไลน์

3.3 นำเสนอบทเรียนออนไลน์ 15 นาที

3.4 ทำแบบฝึกหัดประกอบการเรียนบทเรียนออนไลน์ 40 นาที

3.5 สรุปเนื้อหาและประเด็นสำคัญของบทเรียนออนไลน์ 10 นาที

3.6 ทดสอบหลังเรียน โดยใช้ชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน แต่สลับตัวเลือก 10 นาที

4. หลังการทดลอง ผู้วิจัยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าฉบับสมบูรณ์ (ฉบับเดิม) จำนวน 10 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ (ฉบับเดิม) จำนวน 30 ข้อ วัดผลหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง 51 คน และบันทึกคะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ ด้วยสถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t - test for dependent samples)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ ด้วยสถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t - test for dependent samples)

ผลการวิจัย

ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จากการทดลองภาคสนาม

จำนวนนักศึกษา	คะแนนแบบฝึกหัด (เต็ม 150 คะแนน)			คะแนนสอบหลังเรียน (เต็ม 30 คะแนน)		
(คน)	ผลรวม	เฉลี่ย	ร้อยละ	ผลรวม	เฉลี่ย	ร้อยละ
51	6786	133.06	88.71	1271	24.92	83.07

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลจากการทดลองหาประสิทธิภาพภาคสนาม โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 51 คน พบว่า บทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.71/83.07 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ของนักเรียนโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ และโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จังหวัดสมุทรสาคร เป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วย บทเรียนออนไลน์ โดยสถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ที่ระดับนัยสำคัญ .01

การทดสอบ	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า					
	n	$\bar{X}$	S.D.	df	t	p
ก่อนเรียน	51	34.65	18.31	50	127.85*	.00
หลังเรียน	51	85.92	20.91			

*p<.01

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ โดยสถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า ค่าทดสอบทีมีค่าเป็น 127.85 ที่ df = 50 ดังนั้น คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่ง

แรงดันไฟฟ้า ของนักเรียนโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (วัดสุนทรสถิต) ในราชูปถัมภ์ และโรงเรียนวัดยกกระบัตร (ชุบราษฎร์นุสรณ์) จังหวัดสมุทรสาคร เป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ โดยสถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ที่ระดับนัยสำคัญ .01

การทดสอบ	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน					
	n	$\bar{x}$	S.D.	df	t	p
ก่อนเรียน	51	14.10	7.85	50	45.017*	.00
หลังเรียน	51	24.92	5.23			

*p<.01

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ โดยสถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า ค่าทดสอบทีมีค่าเป็น 45.017 ที่ df = 50 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผลและอภิปรายผล

ผู้วิจัยสรุปผลการทดลอง ดังนี้

1. บทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดย E_1/E_2 เท่ากับ 88.71/83.07 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยบทเรียนออนไลน์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t = 127.85 ที่ df = 50, p = .00)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t = 45.017 ที่ df = 50, p = .00)

ผู้วิจัยอภิปรายผลการทดลอง ดังนี้

1. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ พบว่า บทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดย E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 88.71/83.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เนื่องจากมีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอนตามที่ได้กำหนดไว้โดยผู้เชี่ยวชาญและมีการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มย่อยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างด้วยการประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) และการประเมินแบบหนึ่งต่อสาม (1:3) เลือกเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ที่ 80/80 เพราะใช้สำหรับบทเรียนที่มีเนื้อหาสาระไม่ยากมากนัก มุ่งแก้ไขหรือพัฒนาความสามารถของผู้เรียนที่มีลักษณะปานกลาง นอกจากนี้ เนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ถูกเล่าผ่านตัวการ์ตูนแอนนิเมชั่น ซึ่งมีการใช้ภาพและเสียงเป็นองค์ประกอบร่วม ทำให้นักเรียนให้ความสนใจและมีส่วนร่วมไปกับบทเรียน รวมถึงการฝังบทเรียนออนไลน์ไว้บนระบบเครือข่ายยังช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการเข้าถึงและทบทวนบทเรียนออนไลน์ ซึ่งสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา ตลอดจนสามารถเรียนรู้ในรูปแบบเร่งรัดหรือเรียนรู้ในอัตราที่เหมาะสมกับตัวเองได้ด้วยเช่นกัน ในบทเรียนออนไลน์แต่ละบทจะประกอบไปด้วย วิดีโอแอนนิเมชั่นสำหรับการสอนเนื้อหา แบบฝึกปฏิบัติเพื่อทบทวนความรู้เนื้อหา และแบบทดสอบหลังเรียน องค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้สามารถช่วยให้ผู้เรียน

เข้าใจและตัดสินใจในการเรียนรู้ได้ตามความต้องการของตัวเอง นำไปสู่การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่ง สอดคล้องกับผลการวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านที่ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียน เช่น Barış Sezer (2017) นักการศึกษาของประเทศตุรกี ที่พบว่า บทเรียนออนไลน์ช่วยสร้างบรรยากาศและสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้น่าเรียนและน่าสนใจได้อย่างรวดเร็ว สามารถพัฒนาการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างนักเรียนกับครูให้เพิ่มมากขึ้น และสามารถเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนให้กับนักเรียนได้สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจในการเรียนที่สูงขึ้นด้วย Igor Chirikov และคณะ (2020) นักการศึกษาของประเทศรัสเซีย ที่พบว่า การเรียนการสอนออนไลน์และแบบผสมผสานสามารถสร้างผลการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้เหมือนกันกับการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม แต่ใช้งบประมาณที่น้อยกว่า จึงมีประโยชน์สำหรับการสร้างแพลทฟอร์มการศึกษาออนไลน์เพื่อรองรับการขยายตัวทางการศึกษาของประเทศ โดยนักเรียนทุกคนที่ต้องการเข้าถึงความรู้นี้ สามารถใช้แพลทฟอร์มการศึกษาออนไลน์ในการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองทุกที่ทุกเวลาตามที่ตนเองต้องการ นาตยา ช่วยชูเชิด (2561; 2563) นักการศึกษาของประเทศไทยที่ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง แผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิด โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ต่อมาก็ได้ศึกษาต่อโดยนำเสนอผลการใช้บทเรียนออนไลน์แบบสืบเสาะร่วมกับโปรแกรมมูเดิล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และอมรินทร์ อำพลพงษ์ (2562) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง วิชาการออกแบบและเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์สำหรับนักเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ไม่เพียงจำกัดแต่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาเท่านั้น แต่ยังได้พัฒนาสำหรับผู้เรียนระดับสูงขึ้นไป เช่น สุมาลี สิกเสน (2562) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การสร้างภาพเคลื่อนไหวร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และ ศิรินทิพย์ ห่วงทอง (2563) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบผสมผสานร่วมกับกระบวนการเรียนแบบฝึกปฏิบัติ วิชาหลักการพื้นฐานมวยไทยเบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง งานวิจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนบ่งชี้ถึงการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติที่ดีของผู้เรียนผ่านการใช้บทเรียนออนไลน์ในการเรียนการสอน ทั้งนี้ การจัดการเรียนการสอนผ่านบทเรียนออนไลน์นี้นับเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนจำเป็นต้องแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในการถ่ายทอดความรู้เนื้อหา ซึ่งถูกนำเสนอด้วยตัวอักษร ภาพนิ่ง ผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว และเสียง อันจะทำให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องรอผู้สอน และหากต้องการพัฒนาให้บทเรียนออนไลน์นั้นมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น อาจจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การออกแบบเนื้อหาซึ่งต้องครอบคลุมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เช่น การให้กำลังใจ การสร้างแรงบัลดาลใจ และการช่วยเหลือผู้เรียน เป็นต้น การสร้างความรู้สึกเชิงบวกของชุมชนการเรียนรู้ออนไลน์ และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความเร็วของอุปกรณ์ต่าง ๆ (Anna Qian Sun และ Xiufang Chen, 2016)

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากบทเรียนออนไลน์ได้นำเสนอเทคนิคสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วย 1) เทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการสร้างสมการตามกฎของโอห์มเพื่อแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้า (ความ

ต่างศักย์ไฟฟ้า) ระหว่าง 2 จุดใด ๆ เป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้น 1 ประจุกระจายตัว ขั้น 2 ความหมายของความต่างศักย์ ขั้น 3 กระแสไฟฟ้าไหล และขั้น 4 สร้างสมการ และ 2) เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ หัวข้ออัตราส่วน มาประยุกต์ใช้กับกฎของโอห์ม เพื่อหาหรือตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งเทคนิคนี้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติเพื่อการแก้โจทย์ปัญหาของ Rojas (2010 อ้างใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2562) ดังนี้

1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understand the Problem) โดยนักเรียนถูกมอบหมายให้แก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ความเข้าใจเรื่องกฎของโอห์ม และการต่อตัวต้านทานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น อนุกรม ขนาน และผสม เป็นต้น

2) จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา (Provide a Qualitative Description of the Problem) โดยนักเรียนต้องสร้างแผนภาพวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นด้วยเทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้า ขั้น 1 ประจุกระจายตัว ขั้น 2 ความหมายของความต่างศักย์ และขั้น 3 กระแสไฟฟ้าไหล

3) วางแผนแก้ปัญหา (Plan a Solution) โดยนักเรียนต้องใช้เทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้า ขั้น 4 สร้างสมการ พิจาณาว่าจะสามารถสร้างสมการตามกฎของโอห์มได้อย่างไร ซึ่งจะมีความแตกต่างกันสำหรับวงจรที่มีตัวต้านทานต่อกันแบบอนุกรม ขนาน และผสม

4) ดำเนินการตามแผน (Carry out the Plan) โดยนักเรียนต้องแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ และแก้สมการตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น

5) พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ (Verify the Internal Consistency and Coherence of the Equations Used) โดยนักเรียนต้องใช้เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้าเข้ามาตรวจสอบคำตอบที่คำนวณได้ว่าถูกต้องหรือไม่ หากไม่ มีความผิดพลาดในส่วนใด

6) ตรวจสอบและประเมินคำตอบ (Check and Evaluate the Obtained Solution) โดยนักเรียนใช้เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้าเข้ามาตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าสมเหตุสมผลเพียงใด

นอกจากนี้ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่เพิ่มขึ้นนี้ก็ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านที่ได้พยายามบูรณาการแนวปฏิบัติเพื่อการแก้โจทย์ปัญหาเข้ากับรูปแบบการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น วีรดา ลิมปิสวัสดิ์ (2564) ที่ได้บูรณาการเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้น ได้แก่ พิจารณาโจทย์ปัญหา (Focus on the problem) วิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหา (Analyzation and plan the solution) ดำเนินการแก้ปัญหา (Execute the plan) และตรวจสอบคำตอบ (Validation the answer) เข้ากับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ได้แก่ ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เร้าความสนใจ (Engagement) สำรวจและค้นหา (Exploration) อธิบาย (Explanation) ขยายความคิด (Elaboration) ประเมินผล (Evaluation) และนำความรู้ไปใช้ (Extension) โดยนำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาเข้ามาเสริมในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในขั้นขยายความคิดและขั้นประเมินผล พัชรฎา พลเยี่ยม (2564) ที่ได้บูรณาการกลวิธี STAR ได้แก่ ศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem: S) แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ (Translate the problem: T) หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem: A) และทบทวนคำตอบ (Review the solution: R) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ประกอบด้วย กำหนดขอบเขตของปัญหา แสดงและอธิบายทฤษฎีหรือหลักการ ใช้ทฤษฎีหรือหลักการตรวจสอบและสรุป และฝึกปฏิบัติ โดยนำ S มาใช้ในขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา นำ T และ A มาใช้ในขั้นใช้ทฤษฎีหรือหลักการ และนำ R มาใช้ในขั้นตรวจสอบและสรุป

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากบทเรียนออนไลน์ได้นำเสนอเทคนิคสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า อันประกอบด้วย 1) เทคนิคการติดตามแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการสร้างสมการตามกฎของโอห์มเพื่อแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้า (ความต่างศักย์ไฟฟ้า) ระหว่าง 2 จุดใด ๆ เป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้น 1 ประจุกระจายตัว ขั้น 2 ความหมายของความต่างศักย์ ขั้น 3 กระแสไฟฟ้าไหล และขั้น 4 สร้างสมการ และ 2) เทคนิคการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ หัวข้ออัตราส่วน มาประยุกต์ใช้กับกฎของโอห์ม เพื่อหาหรือตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ สอดคล้องกับผลการวิจัยของคณะผู้วิจัยเอง ที่ก่อนหน้านี้ได้นำเสนอบทความว่าด้วยเรื่องของการพัฒนาเทคนิคการสอน ชื่อเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าของนักศึกษาครู สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (Aungtinee Kittiravechote, 2019) โดยใช้การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนแบบปกติ นอกจากนี้ บทเรียนออนไลน์ยังได้ใช้แนวคิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า ซึ่งโดยปกติแล้วนักเรียนมักจะประสบปัญหาด้านความเข้าใจอยู่ตลอดเวลา เพราะเป็นความรู้เชิงนามธรรม จับต้องไม่ได้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถมองเห็นภาพของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นความหมายของความต่างศักย์ หรือทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านที่ได้หาแนวทางในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น อภิรักษ์ กุลชุตินธร (2559) ได้พัฒนาการเรียนรู้ วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศีลาจารพิพัฒน์ กรุงเทพมหานคร โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ชเนษฎ์ วิชาศิลป์ สุดาพร ต้นรัก และสมจิตร อินสองใจ (2560) ได้พัฒนาชุดการทดลอง เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E Tatiana Goris (2016) ได้ใช้การเปรียบเปรยกระแสไฟฟ้าด้วยแบบจำลองการไหลของกระแสน้ำ และ Pratim Sengupta (2016) ได้ใช้การเปรียบเปรยกระแสไฟฟ้าด้วยแบบจำลองภาคี โดยจำลองผู้เรียนได้เห็นการเคลื่อนที่ของสารซึ่งเปรียบเสมือนเป็นกระบวนการสมมติของกระแสไฟฟ้า

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

1. บทเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยเทคนิคการติดตามและการแบ่งแรงดันไฟฟ้า ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดย E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 88.71/83.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจจึงสามารถนำบทเรียนออนไลน์นี้ไปใช้ได้โดยตรง หรือใช้ร่วมกับการสอนปกติ ใช้เป็นบทเรียนเสริมหลักสูตร ใช้เป็นบทเรียนทบทวน เป็นต้น เพื่อช่วยให้นักเรียนเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหาหัวข้อวงจรไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถทบทวนความรู้ด้วยตนเองได้ตลอดเวลาทุกที่ทุกเวลา

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 บทเรียนออนไลน์นี้จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในโรงเรียนอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้าและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. บทเรียนออนไลน์มีข้อจำกัดในเรื่องของอุปกรณ์และระบบการทำงานบนอินเทอร์เน็ต เนื่องจากมีการใช้กูเกิลคลาสรูม (Google Classroom) ในการฝังเนื้อหาของบทเรียน รวมถึงการประเมินความรู้ของนักเรียนหลังเรียนจบแต่ละบท หากระบบอินเตอร์เน็ตไม่เสถียรแล้ว บทเรียนออนไลน์ก็จะไม่สามารถแสดงผลได้ ดังนั้น สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาการใช้บทเรียนออนไลน์ในแพลทฟอร์มอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น การแสดงผลบนหน้าจอมือถือสมาร์ทโฟนผ่านแอพพลิเคชันไลน์ (Line Application) การประเมินผ่านไลฟ์เวิร์กชีท (Live Worksheets) เป็นต้น

2. บทเรียนออนไลน์นี้สามารถนำไปบูรณาการร่วมกับศาสตร์การสอนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาความคิดหรือความสามารถด้านอื่น ๆ ของผู้เรียน ดังนั้น สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาการใช้บทเรียนออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น การสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หรือ 7 ขั้น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิคคาดการณ์-สังเกต-อธิบาย เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

กรกนก ยงค์โภชน์. (2561). *การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ วิชาประวัติศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเขากะลาวิทยาคม.* ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กรรณิการ์ วงษ์พานิชย์. (2564). *การวัดและประเมินผลการสอนแบบออนไลน์.* เข้าถึงได้จาก: https://registrar.ku.ac.th/wp-content/uploads/2021/05/07-ผศ.ดร.กรรณิการ์.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 18 เมษายน 2565).

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2562). การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม* , 13(2), 7–21.

เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม. (2559). *การออกแบบสื่อการศึกษาสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินตวีร์ คล้ายสังข์. (2556). *e-Learning Courseware: อีเลิร์นนิงคอร์สแวร์ แนวคิดสู่การปฏิบัติสำหรับการเรียนการสอนอีเลิร์นนิงในทุกระดับ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชเนษฎ์ วิชาศิลป์ สุดาพร ต้นรัก และสมจิตร อินสองใจ. (2560). การพัฒนาชุดการทดลองเรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17*, 2497–2505.

ชาญวิทย์ คำเจริญ. (2565). การวิเคราะห์ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แบบทดสอบปรนัย. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 13(1), 71–84.

ฐาปนีย์ ธรรมเมธา. (2557). *อีเลิร์นนิง: จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ e-Learning: from theory to practice.* โครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย. กรุงเทพฯ: สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

นิตยาภรณ์ ศรีภาแลว ปิยะธิดา ปัญญา และไพศาล วรคำ. (2557). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ 5 เรื่อง พลังงานไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15*, 2493–2501.

นาตยา ช่วยชูเชิด. (2561). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง แผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิด โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สื่อนวัตกรรมและการศึกษาเชิงสร้างสรรค์, 1*(1), 1–11.

นาตยา ช่วยชูเชิด. (2563). ผลการใช้บทเรียนออนไลน์แบบสืบเสาะร่วมกับโปรแกรมมูเดิล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สื่อนวัตกรรมและการศึกษาเชิงสร้างสรรค์, 3*(2), 52–64.

พัชรฎา พลเยี่ยม. (2564*). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. (2551). *e-book หนังสือพูดได้.* กรุงเทพมหานคร: ฐานบุ๊คส์.

วัชราภรณ์ เพ็งสุข. (2559). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลสุพรรณบุรี. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 32*(1), 7–13.

วีรดา ลิมปิสวัสดิ์. (2564). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์.* ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศิรินทิพย์ ห่วงทอง. (2563). *การพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิงแบบผสมผสานร่วมกับกระบวนการเรียนแบบฝึกปฏิบัติวิชาหลักการพื้นฐานมวยไทยเบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.* ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สลิลทิพย์ บุญเลิศ สรินยา พรหมมา วิทัศน์ ฝักเจริญผล และทัศตริน วรรณเกตุศิริ. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนเชิงรุก เพื่อแก้ปัญหาแนวคิดคลาดเคลื่อนวิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์* , 3(1), 1–14.

สมศักดิ์ ดลประสิทธิ์. (2564). แนวทางการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนากำลังคนในศตวรรษที่ 21. *คุรุสภาวิทยาจารย์, 2*(1), 1–15.

สุมาลี สิกเสน. (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การสร้างภาพเคลื่อนไหว ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 17*(2), 239–252.

สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา. (2561). *คู่มือการใช้บทเรียนออนไลน์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง "การพัฒนาตนเองสู่ความเป็นครูมืออาชีพ"*. เข้าถึงได้จาก: https://edu.kpru.ac.th/contents/e-learning3/10.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 18 เมษายน 2565)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579.* กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

หน่วยศึกษานิเทศก์. (2545). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

อภิรักษ์ กุลชุตินธร (2559). *การพัฒนาการเรียนรู้วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้โครงงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศีลาจารพิพัฒน์.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

อมรินทร์ อำพลพงษ์. (2562). การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,* 47(2), 507–528.

Anna Qian Sun and Xiufang Chen. (2016). Online Education and Its Effective Practice: A Research Review. *Journal of Information Technology Education: Research, 15*, 157–190.

Aungtinee Kittiravechote. (2019). Promoting in Solving Electric Circuit Problems via Voltage Tracking and Division. *European Journal of Science and Mathematics Education, 7*(4), 149–155.

Barış Sezer. (2017). The Effectiveness of a Technology Enhanced Flipped Science Classroom. *Journal of Educational Computing Research, 55(*4), 471–494.

Igor Chirikov, Tatiana Semenova, Natalia Maloshonok, Eric Bettinger, and René F. Kizilcec. (2020). Online Education Platforms Scale College STEM Instruction with Equivalent Learning Outcomes at Lower Cost. *Science Advances, 6*(15), 1–10.

Pratim Sengupta and Uri Wilensky. (2016). Understanding Electric Current Using Agent-Based Models: Connecting the Micro-level with Flow Rate. *Proceedings of the Eighth International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2016),* 216–227.

Rattanan Rodthong and Monrak Lertwilai. (2022) Online Learning and Blended Learning. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 7*(1), 417–429.

Tatiana Goris. (2016). Common Misunderstandings of Electricity: Analysis of Interview Responses of Electrical Engineering Technology Students. *International Journal of Engineering Pedagogy, 6*(1), 4–10.

UNESCO. (2005). *Working Paper: Asia-Pacific Regional Strategy for Education for Sustainable Development.* Bangkok, BKK: UNESCO Bangkok.