

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อทักษะการทดลอง และพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตราดขวัญ ศรีมาศ¹ ภัทรมล สุกริวันส์² และฉัญวรัตน์ ปิ่นทอง^{3*}

วันที่รับบทความ: (8 เมษายน 2568) วันที่แก้ไขบทความ: (16 มิถุนายน 2568) วันที่ตอบรับบทความ: (20 มิถุนายน 2568)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบทักษะการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ (2) ประเมินพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับชุดกิจกรรมฯ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 42 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรมเรื่องวงจรไฟฟ้า จำนวน 3 แผน (2) แบบประเมิน ทักษะการทดลองซึ่งมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ และ (3) แบบวัดความรู้ในการทดลองเป็นข้อสอบอัตนัยแบบตอบสั้น วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัยพบว่า (1) ทักษะการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 86.38 ± 5.26 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.98 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ (2) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านความรู้ในการทดลอง มีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนในภาพรวมเท่ากับ 62.31 อยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง และเมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 88.10) มีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูงเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์, การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน, ทักษะการทดลอง, ความรู้ในการทดลอง, วงจรไฟฟ้า

➤ บทความวิจัย

^{1,3} สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

² โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

*ผู้รับผิดชอบหลัก E-mail: tanwarat@vru.ac.th

Effects of the 5E Inquiry-Based Learning Model Combined with Science Learning Activity Packages on Electric Circuits on the Experimentation Skills and Knowledge of Grade 9 Students

Tratkwan Srimart¹ Pattramol sugreevanas² and Tanwarat Pinthong^{3*}

Received: (April 8, 2025) Revised: (June 16, 2025) Accepted: (June 20, 2025)

Abstract

This study aimed to (1) compare the experimental skills of Grade 9 students after the using the 5E inquiry-based learning model combined with science learning activity packages on electric circuits against a 70% criterion, and (2) assess relative gain score of knowledge in doing experiments after engaging with the 5E inquiry-based learning model combined with the activity packages. The sample consisted of 42 students from Grade 9 selected through cluster random sampling. The research instruments consisted of (1) three lesson plans and science learning activity packages on electric circuits, (2) an assessment checklist on experimental skills, and (3) an experimental knowledge test using short-answer subjective questions. Data were analyzed using arithmetic mean (*M*) standard deviation (*SD*), and relative gain scores. The research findings revealed that: (1) the post-instruction experimental skills of Grade 9 students had a mean score of 86.38 ± 5.26 points, equivalent to 79.98%, which exceeded the predetermined 70% criterion, and (2) the relative gain scores for experimental knowledge showed an overall mean percentage of 62.31, indicating high-level development. When considered individually, the majority of students (37 students, 88.10%) demonstrated high-level development in experimental knowledge as well.

Keywords: Science Learning Activity, 5E Inquiry-Based Learning, Experimentation Skills, Experimental Knowledge, Electric Circuits

➤ Research Articles

^{1,3} Division of Science, Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

² Ayutthaya Witthayalai School, Phra Nakhon Si Ayutthaya District, Phra Nakhon Si Ayutthaya

*Corresponding Author E-mail: tanwarat@vru.ac.th.

บทนำ

ความรู้ความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนถือเป็นสิ่งสำคัญที่แสดงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ แต่อาจไม่เพียงพอต่อในปัจจุบัน สถานการณ์รวมถึงบริบทของโลกที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นยุคของสังคมแห่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย จึงให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติจริงเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และนำไปแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (บังอร เสรีรัตน์ และคณะ, 2567; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2564) มาตรฐาน การเรียนรู้และตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 จึงได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่มีเป้าหมายให้ผู้เรียนค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและมีทักษะขั้นพื้นฐาน เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็นสำหรับชีวิตประจำวัน ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสืบเสาะหาความรู้ การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การตัดสินใจโดยอาศัยหลักฐาน และการทำงานร่วมกัน เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนั้นเพื่อให้การจัดการรู้เป็นไปตามเป้าหมาย ธรรมชาติและลักษณะสำคัญของรายวิชา วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning: IBL) จึงได้รับความนิยมมากที่สุดรูปแบบหนึ่ง ถูกพัฒนาโดยหลักสูตรชีววิทยา (Biological Sciences Curriculum Study, BSCS) ในปี 1987 (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2561) เนื่องจากเป็นวิธีการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และได้การปรับปรุงให้เป็นลำดับการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ (5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) (Bybee et al., 2006) สำหรับเป็นกรอบ การวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน โดยกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจะเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม ค้นคว้าหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติแบบที่นักวิทยาศาสตร์ทำ เช่น การตั้งคำถามในการวิจัย สมมติฐาน การสังเกต การทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล (Bybee et al., 2006; ทิศนา แหมณี, 2562; สสวท., 2561) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จึงไม่เน้นการถ่ายทอดความรู้ หากแต่เน้นที่กระบวนการหาความรู้และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จึงมีประสิทธิภาพอย่างมากในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Orosz et al., 2023) รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ในบริบทหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ

อย่างไรก็ดี แม้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะมีมาอย่างยาวนาน แต่ไม่ค่อยมีใครนำวิธีการเรียนรู้มาใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก ครูมักให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่ากระบวนการได้มาซึ่งองค์ความรู้เหล่านั้น (Abrahams and Millar, 2008; Orosz et al., 2023; สสวท., 2566) โดยเน้นการสอนแบบบรรยายเพื่อนำความรู้ไปใช้ในการสอบระดับโรงเรียนและในระดับชาติ มากกว่าการลงมือปฏิบัติจริง (อัญญุรศ ก้อนจันทร์เทศ และ สิริรญา กิจเกื้อกูล, 2566) การศึกษาบางส่วนพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูจัดให้ผู้เรียนยังไม่ครอบคลุมถึงการพัฒนาทักษะปฏิบัติการทดลอง เพราะให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองที่อยู่ในหนังสือ เหมือนตำราทำอาหาร (Orosz et al., 2023) ครูมองว่าการพัฒนาทักษะปฏิบัติการทดลองควบคู่ไปกับการสร้างความเข้าใจในแนวคิดหรือเนื้อหาสาระนั้นทำได้ยาก (Haerani, Arsyad and Khaeruddin, 2023) เนื้อหาสาระที่ผู้เรียนต้องเรียนมีมาก จึงไม่มีเวลาเพียงพอสำหรับการปฏิบัติการทดลองหรือจัดกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหา

ในห้องเรียนซึ่งต้องใช้เวลา (Orosz et al., 2023) จำนวนผู้เรียนต่อห้องมีมากเกินไปจนจะจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะ (Cheung, 2007) และที่สำคัญ คือ ครูไม่มีเวลาพอในการเตรียมการสอนแบบสืบเสาะ ขาดสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม และขาดอุปกรณ์หรือวัสดุจำเป็นสำหรับการทดลอง และเพิ่มภาระและค่าใช้จ่ายในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ (Boesdorfer and Livermore, 2018; Cajayon and Benavides, 2022; Romero-Ariza et al., 2020; Silm et al., 2017) ทำให้เน้นไปการจดบันทึก ท่องจำ และไม่ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้แต่ไม่สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เห็นได้จากการประเมิน PISA (Programme for International Student Assessment) ที่มีนักเรียนไทยเพียงร้อยละ 47 ที่มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐานที่สามารถใช้ทักษะและความรู้วิทยาศาสตร์ในชีวิตจริงได้ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ที่มีนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวมากถึงร้อยละ 76 (สสวท., 2566) ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนซึ่งมีหน้าที่โดยตรงในการเตรียมความพร้อมผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จึงสนใจจะปรับวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของตนให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ อย่่างไรก็ดี เพื่อบรรลุเป้าหมายนี้ Smithenry (2010) เสนอว่าครูควรระบุหน่วยการเรียนรู้หรือหัวข้อที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ และควรเลือกกิจกรรมที่ผู้เรียนสนใจและสามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

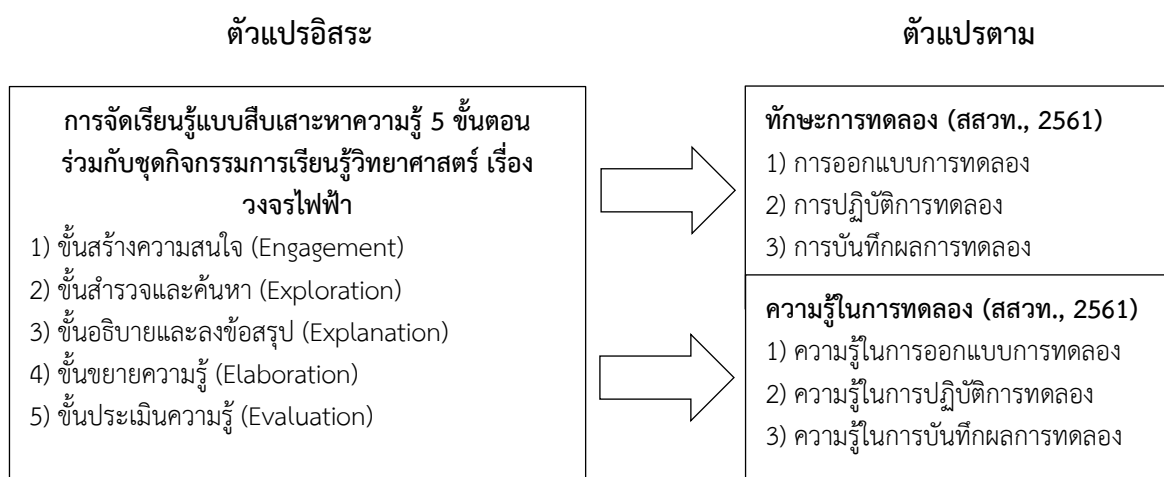
จากการสังเกตการสอนในชั้นเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องไฟฟ้าที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากครูสอนแบบบรรยาย ผู้เรียนไม่เข้าใจในแนวคิดในเรื่องดังกล่าวทำให้การเรียนการสอนเป็นไปได้อย่างล่าช้า นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้การทำข้อสอบในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่นอกเหนือไปจากที่เรียนได้ และขาดทักษะการทดลองในบทปฏิบัติการเรื่องไฟฟ้าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าแนวคิดเรื่องไฟฟ้าและพลังงานเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม หากครูให้ความสำคัญกับเนื้อหาความรู้โดยสอนแบบบรรยาย ย่อมส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้า (Korganci et al., 2015; Pejuan et al., 2012) เนื่องจากธรรมชาติของการได้มาซึ่งองค์ความรู้เรื่องไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากการปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน ร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นนามธรรม เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (Goodhew et al., 2019; Haerani et al., 2023; Mashood and Singh, 2013; Mason and Singh, 2016) การปฏิบัติตามขั้นตอน การทดลองที่อยู่ในหนังสือ ยังไม่ถือว่าผู้เรียนมีทักษะการทดลอง (Orosz et al., 2023) เนื่องจากทักษะการทดลอง เป็นความชำนาญและความสามารถในการปฏิบัติการทดลองเพื่อค้นหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การลงมือปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง (สสวท., 2561) ซึ่ง Mason and Singh (2016) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ครูผู้สอนควรมีสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมเพื่อสนับสนุน ให้นักเรียนเรียนรู้หลักการฟิสิกส์เชิงนามธรรมได้ดีขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาส่วนหนึ่งที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ ทักษะ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เช่น การต่อวงจรไฟฟ้า เมื่อไฟขาดหรือชำรุด หรือเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านได้ (กฤษณะ ประฉิมมะ และเอี่ยมพร หลินเจริญ, 2567; ฮัฟซะห์ สะดียามู มูนิเราะ ผดุง และรุยัยซา ดือราแม, 2567)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า เพื่อพัฒนาทักษะและความรู้ในการทดลองของผู้เรียน ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะช่วยเปลี่ยนห้องเรียนจากที่ผู้เรียนรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว เป็นห้องเรียนที่มีบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการฝึกปฏิบัติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อประเมินพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียนอย่างละหนึ่งครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design) (Fitz-Gibbon, 1987) ซึ่งมุ่งเน้นการดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลองเพียงกลุ่ม มีรายละเอียดการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1) ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา จำนวน 16 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 629 คน ซึ่งมีบริบทใกล้เคียงกัน

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/8 จำนวน 42 คน แบ่งเป็น เพศชาย จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 45.23 และเพศหญิงจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 54.76 การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ด้วยวิธีการจับสลากโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

2. เครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลวิธีการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 3 ชุดกิจกรรม แผนละ 2 ชั่วโมง ประกอบด้วย (1) วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น (2) การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม และ (3) การต่อตัวต้านทานแบบขนาน ผู้วิจัยนำร่างชุดกิจกรรมพร้อมกับแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสม ประกอบด้วยครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ผลการประเมินพบว่า คุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 ชุด มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M = 4.86, SD = 0.18$) ส่วนคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน มีความเหมาะสมในระดับมาก ($M = 4.45, SD = 0.66$)

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรม ทั้ง 3 ชุดกิจกรรมที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ทั้งแบบกลุ่มย่อย (จำนวน 10 คน คละความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน) และภาคสนาม (จำนวน 1 ห้องเรียน) เพื่อดูความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรม เวลาและภาษาที่ใช้ ซึ่งพบว่าผู้สอนสามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้ การดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับเนื้อหา และมีความสับสนไหล แต่ต้องเพิ่มระยะเวลาในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ให้มากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนใช้เวลาวาดภาพวงจรไฟฟ้ามามากกว่าที่คาดไว้ ทั้งนี้ ในภาพรวม เวลาที่ใช้ดำเนินกิจกรรมเพียงพอ สามารถนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2.2) แบบประเมินทักษะการทดลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ 1, 2 และ 3 จำนวน 12 ข้อ รวมคะแนนเต็ม 36 คะแนน ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 1 ใช้แบบประเมินร่วมกับการสังเกตพฤติกรรมขณะที่นักเรียน การทำปฏิบัติการทดลอง โดยผู้วิจัยพัฒนารายการประเมินจากนิยามเชิงปฏิบัติการและองค์ประกอบของทักษะการทดลองของ สสวท. (2561) จากนั้น นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมิน จำนวน 1 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 2 ท่าน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งพบว่า มีค่า IOC ระหว่าง 0.67-1.00 แสดงว่าแบบประเมินมีความสอดคล้องกับเป้าหมาย นิยามเชิงปฏิบัติการและองค์ประกอบของทักษะการทดลอง สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้

2.3 แบบวัดความรู้ในการทดลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยแบบตอบสั้น (Short Answer) ใช้ก่อนและหลังการเรียนรู้ตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 ชุด แต่ละชุดมีจำนวน 3 ข้อใหญ่ เกี่ยวกับสถานการณ์การทดลองเรื่องวงจรไฟฟ้า คะแนนเต็มชุดละ 10 คะแนน ให้นักเรียนเขียนตอบแบบตอบสั้นตามคำถามย่อยที่กำหนดในสถานการณ์ ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผู้วิจัยสร้างข้อสอบชุดละ 4 ข้อ รวม 12 ข้อ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องด้านภาษาและตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับตัวชี้วัดทักษะที่ต้องการวัด พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับตัวชี้วัดทักษะ ข้อสอบทั้ง 3 ชุด มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.50 ขึ้นไปผู้วิจัยคัดเลือกให้เหลือชุดละ 3 ข้อ รวม 9 ข้อ 30 คะแนน เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยนำแบบวัดความรู้ในการทดลองทั้ง 3 ฉบับ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วหาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach พบว่า ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.86, 0.81 และ 0.81 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ ส่วนค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนกใช้เทคนิค 25% ที่เสนอโดย Whitney and Sabers (1970) พบว่า มีค่าความยากรายข้ออยู่ระหว่าง 0.24-0.78 และอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.39-0.59 ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำชุดกิจกรรมไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยทดสอบความรู้ก่อนเรียนเป็นรายบุคคล โดยใช้แบบวัดความรู้ในการทดลอง จากนั้นผู้วิจัยคนที่หนึ่งดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องวงจรไฟฟ้า ที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนผู้วิจัยคนที่ 2 และ 3 สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนแบบไม่มีส่วนร่วม (Non-Participant Observation) โดยใช้แบบประเมินทักษะการทดลอง เมื่อการจัดการเรียนรู้สิ้นสุด ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มเดิม โดยใช้แบบวัดความรู้ในการทดลองฉบับเดิม ตรวจให้คะแนนและบันทึกผลคะแนนของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยสถิติทดสอบต่อไป

ตารางที่ 1 นิยามเชิงปฏิบัติการ องค์ประกอบตัวชี้วัด/ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ ตัวอย่างรายการประเมินทักษะและตัวอย่างข้อสอบวัดความรู้ในการทดลอง

องค์ประกอบของทักษะการทดลอง	ตัวชี้วัด/ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ	ตัวอย่างรายการประเมินทักษะการทดลอง	ตัวอย่างข้อสอบวัดความรู้ในการทดลอง
นิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง (experimenting skill) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบและวางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบ และสอดคล้องกับคำถามการทดลองและสมมติฐาน รวมถึงความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน และความสามารถในการบันทึกผลการทดลองได้อย่างละเอียด ครบถ้วน เที่ยงตรง			
1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง ซึ่งต้องมีการกำหนดและควบคุมตัวแปร และเลือกใช้อุปกรณ์หรือสารเคมีต่างๆ ที่ จะใช้ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม	1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลองได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับคำถามการทดลองหรือคำถามที่ต้องการศึกษาได้ 1.2 เลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการทดลอง 1.3 วางแผนการทดลองได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง 1.4 ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้	1.3 วางแผนการทดลองได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง 3 คะแนน หมายถึง วางแผนการต่อวงจรไฟฟ้าได้ทั้งหมดตามประเด็นต่อไปนี้ 1) ข้อมูลสอดคล้องกับหลักการทางไฟฟ้า 2) มีความปลอดภัย สามารถทำงานได้จริง และเหมาะสมกับการทดลอง 3) อธิบายขั้นตอนการทดลองได้ชัดเจนเป็นลำดับ 4) คาดการณ์ผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นได้ 2 คะแนน หมายถึง วางแผนการต่อวงจรไฟฟ้าได้บางส่วนหรือถูกเพียง 2 – 3 ข้อ จากประเด็นต่อไปนี้ 1) ข้อมูลสอดคล้องกับหลักการทางไฟฟ้า 2) มีความปลอดภัย สามารถทำงานได้จริง และเหมาะสมกับการทดลอง 3) อธิบายขั้นตอนการทดลองได้ชัดเจนเป็นลำดับ 4) คาดการณ์ผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นได้ 1 คะแนน หมายถึง วางแผนการต่อวงจรไฟฟ้าไม่ได้หรือถูกต้องเพียงข้อใดข้อหนึ่ง จากประเด็นต่อไปนี้ 1) ข้อมูลสอดคล้องกับหลักการทางไฟฟ้า	1. ถ้าต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) กับกระแสไฟฟ้า (I) ในตัวต้านทานนักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร ให้อธิบายอุปกรณ์ที่ต้องใช้ และขั้นตอนการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัย 2. ถ้าต้องการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟในวงจรนักเรียนจะต้องต่อแอมมิเตอร์อย่างไรในวงจรไฟฟ้า ทำไมจึงต้องต่อลักษณะนั้น และ หากนักเรียนต่อ

องค์ประกอบของ ทักษะการทดลอง	ตัวชี้วัด/ ความสามารถที่ แสดงว่าเกิดทักษะ	ตัวอย่างรายการประเมินทักษะการทดลอง	ตัวอย่างข้อสอบ วัดความรู้ ในการทดลอง
		2) มีความปลอดภัย สามารถทำงานได้จริง และเหมาะสมกับการทดลอง 3) อธิบายขั้นตอนการทดลองได้ชัดเจนเป็นลำดับ 4) คาดการณ์ผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นได้	แอมมิเตอร์ได้ถูกต้อง ผลการทดลองจะเป็นอย่างไร
2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือทำปฏิบัติการทดลองจริง เป็นไปตามแผนที่ออกแบบ	2.1 ลงมือปฏิบัติ/ทดลองตามแผนที่ออกแบบไว้ได้ 2.2 ใช้และอ่านค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆได้ 2.3 ตรวจสอบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองได้ 2.4 ปฏิบัติตามข้อควรระวังด้านความปลอดภัยขณะทดลอง	2.2 ใช้และอ่านค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆได้ 3 คะแนน หมายถึง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าได้ทั้งหมด ตามประเด็นต่อไปนี้ 1) ใช้เครื่องมือได้และคล่องแคล่ว 2) อ่านค่าจากเครื่องมือวัดอย่างถูกวิธี 3) การระบุหน่วยวัด 4) ทำการวัดซ้ำหลายครั้งเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการวัด 2 คะแนน หมายถึง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าได้บางส่วน หรือถูกเพียง 2 – 3 ข้อ จากประเด็นต่อไปนี้ 1) ใช้เครื่องมือได้และคล่องแคล่ว 2) อ่านค่าจากเครื่องมือวัดอย่างถูกวิธี 3) การระบุหน่วยวัด 4) ทำการวัดซ้ำหลายครั้งเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการวัด 1 คะแนน หมายถึง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าไม่ได้หรือถูกต้องเพียงข้อใดข้อหนึ่ง จากประเด็นต่อไปนี้ 1) ใช้เครื่องมือได้และคล่องแคล่ว 2) อ่านค่าจากเครื่องมือวัดอย่างถูกวิธี 3) การระบุหน่วยวัด 4) ทำการวัดซ้ำหลายครั้งเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการวัด	1. เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานกับหลอดไฟสองดวง แล้วพบว่าหลอดไฟดวงหนึ่งดับ แต่อีกดวงยังติดอยู่ แสดงว่ามีปัญหาอะไรในวงจร นักเรียนจะตรวจสอบและแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร 2. นักเรียนพบว่าโวลต์มิเตอร์แสดงค่า 0 V แม้จะต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าอยู่ นักเรียนควรตรวจสอบและแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร
3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นผลการสังเกต สังเกต วัด หรือวิธีอื่นๆ	3.1 ออกแบบการบันทึกผลการทดลองได้ 3.2 บันทึกค่าที่วัด สังเกต สังเกต หรืออื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วนและตรงไปตรงมา 3.3 วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลที่บันทึกได้อย่างมีเหตุผล 3.4 สรุปและอธิบายผลการทดลองโดยเชื่อมโยงกับหลักการที่เรียนได้	3.2 บันทึกค่าที่วัด สังเกต สังเกต หรืออื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วนและตรงไปตรงมา 3 คะแนน หมายถึง บันทึกค่าที่วัดได้ถูกต้องทุกค่า ไม่มีข้อผิดพลาด บันทึกข้อมูลครบถ้วนทุกตัวแปรที่กำหนด (เช่น แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, ความต้านทาน ฯลฯ) และใช้หน่วยวัดของแต่ละค่าถูกต้องและสอดคล้องกันตลอด บันทึกค่าตามที่ได้จริง ไม่มีการปรับแต่งตัวเลขให้สอดคล้องกับทฤษฎี 2 คะแนน หมายถึง นักเรียนบันทึกค่าที่วัดได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 แต่บางค่าของตัวแปรมีข้อผิดพลาด หรือไม่ครบถ้วน หรือใช้หน่วยวัดผิดพลาดบางจุด และบันทึกค่าตามที่ได้วัดเป็นส่วนใหญ่ แต่มีข้อสงสัยในบางค่า 1 คะแนน หมายถึง นักเรียนบันทึกค่าที่วัดได้ แต่ค่าของตัวแปรส่วนใหญ่มีข้อผิดพลาด หรือขาดหายไปไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ หรือใช้หน่วยวัดผิดพลาดหรือไม่ระบุหน่วยวัด และมีการปรับแต่งตัวเลขให้สอดคล้องกับผลที่คาดหวัง	1. หลังจากวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าในตัวต้านทานได้แล้ว นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อะไรเพื่อตรวจสอบว่าตัวต้านทานนั้นปฏิบัติตามกฎของโอห์ม 2. อธิบายผลที่เกิดขึ้นกับค่าความต้านทานรวมของวงจร เมื่อมีการเพิ่มตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งในการต่ออนุกรม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินทักษะการทดลอง โดยนำผลการสังเกตพฤติกรรมปฏิบัติการทดลองเรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนรายบุคคล มาคำนวณหาคะแนนเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากนั้นเทียบคะแนนทักษะการทดลองกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นระดับมาตรฐาน

ที่โรงเรียนกำหนดตามแนวทางการประเมินคุณภาพภายนอก ว่านักเรียนควรมีผลการเรียนรู้ (ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์) ไม่ต่ำกว่าระดับดี/น่าพึงพอใจ หรือร้อยละ 70 และเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ดังกล่าว คือ เกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการประเมินทักษะปฏิบัติในบริบทการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งต้องอาศัยทั้งความเข้าใจและการลงมือทำจริง ซึ่ง Nitko and Brookhart (2015) ระบุว่า ร้อยละ 70 เป็นระดับขั้นต่ำที่สะท้อนความสามารถที่ “ใช้ได้” และสามารถพัฒนาได้ต่อ ทั้งนี้ ผู้วิจัยไม่ได้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เนื่องจาก วัตถุประสงค์ของการวิจัยต้องการวัดระดับความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ โดยดูจากผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ว่าผ่านหรือไม่ผ่าน ไม่ได้เปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นหรือการเปลี่ยนแปลงในเชิงเวลา ซึ่ง Nitko et al., (2015) ระบุว่า การใช้เกณฑ์ร้อยละใช้ตัดสินว่าผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ สามารถทำได้โดยการตัดสินว่า “ผ่าน” หรือ “ไม่ผ่าน” โดยไม่ต้องทดสอบนัยสำคัญ

4.2 ประเมินพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลอง โดยการคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์จากคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบวัดความรู้ในการทดลองของผู้เรียนรายบุคคลทั้งก่อนและหลังเรียนคำนวณโดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) ดังนี้

$$\text{คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (DS)} = \frac{(\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน})}{(\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน})} \times 100$$

จากนั้น แปลความหมายคะแนนพัฒนาการตามเกณฑ์ประเมินระดับพัฒนาการของศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ที่กำหนดไว้ 4 ระดับ คือ พัฒนาการระดับสูงมาก (ร้อยละ 76 ขึ้นไป) พัฒนาการระดับสูง (ร้อยละ 51-75) พัฒนาการระดับปานกลาง (ร้อยละ 26-50) และพัฒนาการระดับต้น (ต่ำกว่าร้อยละ 25) แล้วสรุปเป็นผลการวิจัยต่อไป

ผลการวิจัย

ทักษะการทดลองและความรู้ในการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 42 คน เป็นเพศชาย จำนวน 19 คน และเพศหญิงจำนวน 23 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าจำนวน 3 ชุดกิจกรรมเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่า

ตารางที่ 2 ระดับคะแนนทักษะการทดลองหลังเรียน จำแนกตามชุดกิจกรรม ร้อยละของผู้เรียน คะแนนเฉลี่ย

(M) ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

3/8 (n = 42)

ชุดกิจกรรม	ช่วงคะแนน	การผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70	จำนวน นักเรียน	ร้อยละของ นักเรียน	M	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย	SD
วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น	25-36	ผ่านเกณฑ์	26	61.90	29.58	82.17	1.94
	0-24	ไม่ผ่านเกณฑ์	16	38.10	21.44	59.56	1.63
การต่อตัวต้านทาน แบบอนุกรม	25-36	ผ่านเกณฑ์	42	100.00	30.52	84.78	1.40
	0-24	ไม่ผ่านเกณฑ์	0	0.00	0.00	0.00	0.00
การต่อตัวต้านทาน แบบขนาน	25-36	ผ่านเกณฑ์	40	95.24	29.79	82.75	1.58
	0-24	ไม่ผ่านเกณฑ์	2	4.76	22.00	61.11	0.00
ภาพรวม	75-108	ผ่านเกณฑ์	42	100.00	86.38	79.98	5.26
	0-75	ไม่ผ่านเกณฑ์	0	0.00	0.00	0.00	0.00

1. นักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 มีทักษะการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 70 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 86.38 ± 5.26 คะแนน หรือร้อยละ 79.98 หรือ แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างสูง สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะการทดลองให้กับนักเรียนได้

นอกจากนี้ จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาคะแนนทักษะการทดลองรายชุดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ระหว่างเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.90) มีคะแนนทักษะการทดลองเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 29.58 ± 1.94 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน หรือร้อยละ 82.17 โดยมีนักเรียนที่มีทักษะการทดลองไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 38.10 สำหรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม นักเรียนทุกคน (ร้อยละ 100) มีคะแนนทักษะการทดลองเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 30.52 ± 1.40 คะแนน หรือร้อยละ 84.78 ส่วนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการต่อตัวต้านทานแบบขนาน นักเรียนส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 95.24 มีคะแนนทักษะการทดลองเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 29.79 ± 1.58 คะแนน หรือร้อยละ 82.75 โดยพบนักเรียนเพียงร้อยละ 4.76 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์

2. ผลการวิเคราะห์คะแนนประเมินพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านความรู้ในการทดลอง ที่ได้จากแบบวัดความรู้ในการทดลองก่อนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นรายบุคคล จำนวน 3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 62.31 ทั้งนี้ เมื่อจำแนกเป็นรายชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองทั้ง 3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มากที่สุด เท่ากับ 67.85 ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม รองลงมาคือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการต่อตัวต้านทานแบบขนาน และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 62.31 และ 55.10 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านความรู้ในการทดลองเป็นรายบุคคล ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมทั้ง 3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่วนใหญ่ (จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 88.10) มีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง รองลงมามีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับปานกลาง (จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 9.52) และพบนักเรียนเพียง 1 คน (ร้อยละ 2.38) ที่มีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูงมาก

ตารางที่ 3 ผลคะแนนประเมินพัฒนาการ (Development Score: DS) ด้านความรู้ในการทดลองของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้าโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

ลำดับที่	คะแนนภาพรวม			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	DS	แปลผล
1	15	23	53	สูง
2	12	24	67	สูง
3	16	25	64	สูง

ลำดับที่	คะแนนภาพรวม			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	DS	แปลผล
22	16	25	64	สูง
23	15	23	53	สูง
24	15	26	73	สูง

ลำดับที่	คะแนนภาพรวม			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	DS	แปลผล
4	17	26	69	สูง
5	15	23	40	ปานกลาง
6	16	25	57	สูง
7	14	25	69	สูง
8	14	25	69	สูง
9	15	23	53	สูง
10	15	24	60	สูง
11	13	25	65	สูง
12	16	23	50	สูง
13	15	23	53	สูง
14	15	24	47	ปานกลาง
15	15	26	73	สูง
16	16	24	57	สูง
17	15	25	67	สูง
18	15	24	60	สูง
19	14	27	81	สูง
20	15	24	60	สูง
21	16	26	71	สูง

ลำดับที่	คะแนนภาพรวม			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	DS	แปลผล
25	16	25	64	สูง
26	16	25	64	สูง
27	14	25	69	สูง
28	12	22	50	ปานกลาง
29	16	26	71	สูง
30	16	25	64	สูง
31	13	23	59	สูง
32	13	23	59	สูง
33	13	26	76	สูงมาก
34	16	24	57	สูง
35	14	25	69	สูง
36	13	23	47	ปานกลาง
37	14	25	69	สูง
38	15	24	60	สูง
39	12	23	61	สูง
40	15	25	69	สูง
41	13	25	71	สูง
42	12	22	56	สูง
เฉลี่ยรวม			62	สูง

อภิปรายผลการวิจัย

ผลของการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อทักษะการทดลองและพัฒนการด้านความรู้ในการทดลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. ผลการประเมินทักษะการทดลองระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ทั้ง 3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พบว่า นักเรียนมีทักษะการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 70 สะท้อนให้เห็นว่าการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะการทดลองให้กับนักเรียน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะธรรมชาติและลักษณะของการจัด การเรียนรู้ดังกล่าว ช่วยสนับสนุนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม เน้นให้ค้นคว้าหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดคำถาม ความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ (Bybee et al., 2006; ทิศนา ขัมมณี, 2562; สสวท., 2561) เช่นเดียวกับการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องวงจรไฟฟ้าที่นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองโดยมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก โดยงานวิจัยนี้ นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติตั้งแต่การออกแบบและวางแผนการทดลองอย่างรอบคอบและสอดคล้องกับคำถามการทดลอง ดำเนินการทดลองตามแผน และบันทึกผลการทดลองอย่างครบถ้วนและเที่ยงตรง ซึ่งสอดคล้องนิยามเชิงปฏิบัติการและองค์ประกอบของทักษะการทดลอง ที่สสวท. (2561) กำหนด นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาด้านเนื้อหาวิชา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นช่วยให้ผู้เรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรมผ่านการปฏิบัติการทดลอง จึงสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการทดลองได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ฮัฟเซห์ สะดียามู มูนีเราะ ผดุง

และคณะ (2567) ที่พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแรงและพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาของพัชรินทร์ วัฒนราช (2563) ที่พบว่า หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น เจตจิรัฐิติ์ ไสร์ธยาทร และจักรกฤษณ์ จันทะคุณ (2565) ได้ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจว่า การใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงมาช่วยให้นักเรียนได้ทดลอง สามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่เรียนรู้ กล้าคิดและเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างยั่งยืนแม้ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 เนื่องจากผู้เรียนได้ทำการทดลองซ้ำ ๆ ได้ สอดคล้องกับการวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการ ลงมือปฏิบัติการทดลองถึง 3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะการทดลองที่คงทนแล้ว ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือจริงที่สอดคล้องกับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันอีกด้วย

2. ผลการวิเคราะห์คะแนนประเมินพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านความรู้ในการทดลองที่ได้จากแบบวัดความรู้ในการทดลองก่อนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่พบว่านักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองในภาพรวม รายชุดกิจกรรม และรายบุคคลอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง เป็นเพราะกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง ช่วยให้ผู้เรียนสามารถวางแผน ลงมือปฏิบัติเพื่อสังเกตปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้น วิเคราะห์ และสื่อสารผลการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและออกแบบการทดลองลงปฏิบัติการทดลองจริง บันทึก วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลองร่วมกับเพื่อน ครอบคลุมองค์ประกอบของทักษะการทดลอง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการทดลองได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นบริบทของปัญหาที่นักเรียนต้องเผชิญในชีวิตประจำวัน เช่น การต่อวงจรไฟฟ้า ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้กับประสบการณ์จริง กระตุ้นความสนใจ และเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองอย่างมีความหมาย สอดคล้องกับผลการศึกษา ฤกษ์ณะ ประฉิมมะ และคณะ (2567) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ ทักษะ และนำไปใช้ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งผลการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่า การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน มีส่วนช่วยพัฒนาทักษะการทดลองของนักเรียนได้ทุกองค์ประกอบ ในทุกขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นสร้างความสนใจ ที่นักเรียนได้ระบุปัญหาการทดลองและตั้งคำถามที่นำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง ส่วนขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ออกแบบและการวางแผนการทดลอง ระบุตัวแปร เลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการทดลอง ออกแบบการบันทึกผลการทดลอง และลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ออกแบบไว้ ซึ่งนักเรียนได้ฝึกใช้และอ่านค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ ปฏิบัติตามข้อควรระวังด้านความปลอดภัยขณะทดลอง แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และบันทึกผลการทดลอง จากนั้น ในขั้นขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลที่บ้านทักได้อย่างมีเหตุผล สรุปและอธิบายผลการทดลองโดยเชื่อมโยงกับหลักการที่เรียนได้และเชื่อมโยงไปสู่สถานการณ์ในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในขั้นขั้นขยายความรู้ นอกจากนี้ผู้เรียน

ยังได้ประเมินตนเองถึงการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาองค์ความรู้และทักษะการทดลอง รวมถึงเกิดเจตคติที่ดีต่อกิจกรรมและรายวิชา สอดคล้องกับที่ สสวท. (2561) ระบุว่า ทักษะการทดลอง ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นทักษะพื้นฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้หาคำตอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในธรรมชาติ ที่ต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีจุดเน้นที่การแปลงทักษะการทดลองซึ่งมีความซับซ้อนและผสมผสานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายประเภทให้ฝึกปฏิบัติได้ง่าย ทำได้บ่อยครั้ง ไม่ใช้เวลามากเกินไป เพื่อสร้างแรงจูงใจและเกิดเป็นการพัฒนาทักษะที่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นไปตามที่ทิศนา ขัมมณี (2562) และ Oladehinde (2001) ให้ข้อเสนอแนะว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีต้องมีความง่ายเหมาะสมกับ ระดับและความแตกต่างของผู้เรียน มีความถี่ของการฝึกที่เหมาะสมจนผู้เรียนปฏิบัติได้ดี มีการวางโครงสร้างของเนื้อหาและวิธีการฝึกที่กระตุ้นให้เกิดความพยายามที่จะก้าวหน้า และมีรูปแบบที่ไม่จำเจและไม่ใช้เวลามากเกินไป

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าที่มีต่อทักษะการทดลองและพัฒนาการด้านความรู้ ในการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 มีทักษะการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 70 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 86.38 ± 5.26 คะแนน หรือเท่ากับร้อยละ 79.98 ซึ่งจัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้า ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบตามองค์ประกอบของทักษะการทดลอง เมื่อพิจารณา คะแนนทักษะการทดลองรายชุดกิจกรรม พบว่า มีแนวโน้มที่ดีขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ย 82.17, 84.78 และ 82.75 ตามลำดับกิจกรรม (2) นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองในภาพรวมและรายชุดกิจกรรม อยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง และเมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 88.10) มีความรู้ในการทดลองอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง ผลการวิจัยข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้แบบลงมือทำ (Hands-on) ผ่านการปฏิบัติการทดลองและการคิด (Mind-on) ผ่านการ ออกแบบและบันทึกผลการทดลอง จึงมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะการทดลองของนักเรียนอย่างเป็นรูปธรรม เห็นได้จากทั้งระดับคะแนนพัฒนาการ และอัตราการผ่านเกณฑ์ที่สูง โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดลำดับ กิจกรรมอย่างเหมาะสมตั้งแต่พื้นฐาน (วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น) ถึงขั้นประยุกต์ (การต่อตัวต้านทานแบบขนาน)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

1. ครูผู้สอนควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นสถานการณ์ใกล้ตัว มาใช้ในการพัฒนาทักษะการทดลองของนักเรียน เพราะช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนออกแบบการทดลองง่ายขึ้นและส่งเสริมการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น

2. จากผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมที่ออกแบบเป็นลำดับจากง่ายไปยาก คือ จากวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นไปสู่การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและขนาน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกมากขึ้น

3. ในการวัดและประเมินทักษะการทดลองของผู้เรียน ครูผู้สอนควรใช้ทั้งวิธีการสังเกตพฤติกรรมและใช้แบบวัดความรู้ในการทดลอง เพื่อสะท้อนทั้งพฤติกรรมความชำนาญในการทดลอง (ออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และบันทึกผลการทดลอง) และความเข้าใจในการทดลอง (สามารถนำความรู้ไปใช้ออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และบันทึกผลการทดลอง) ของผู้เรียนได้อย่างรอบด้าน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ผู้วิจัยอาจออกแบบเป็นการวิจัยเชิงทดลองเปรียบเทียบ (Quasi-Experimental Design) โดยเปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับวิธีการสอนอื่น เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดกับบริบทผู้เรียน

2. ผลการวิจัย พบว่า มีผู้เรียนบางส่วนมีคะแนนความรู้ในการทดลองแตกต่างกับผู้เรียนส่วนใหญ่ในห้องเรียน คือ ระดับปานกลาง จำนวน 4 คน และระดับสูงมาก 1 คน ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบรายบุคคล เพื่อระบุและส่งเสริมศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างเหมาะสมตามความถนัดและความสนใจ โดยอาจเพิ่มจำนวนกิจกรรมทดลองเพื่อพัฒนาผู้เรียนระดับปานกลาง หรือจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open Inquiry) เพื่อส่งเสริมผู้เรียนที่มีศักยภาพสูง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กฤษณะ ประดิษฐ์ และเอื้อมพร หลินเจริญ. (2567). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณทางไฟฟ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Modern Learning Development*, 9(2), 57-72.
- เจตจิรัฐติ์ ไสร้อยาทรร และจักรกฤษณ์ จันทะคุณ. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบด้วยการใช้ห้องทดลองเสมือนเพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 8(3), 15-28.
- ทิศนา ขัมมณี. (2562). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 23). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และ สิริณภา กิจเกื้อกูล. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารอาหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(10), 50-69.

- บังอร เสรีรัตน์ นาฏฤดี จิตรรังสรรค์ สมบัติ คชสิทธิ์ ประพรรณ พละชีวะ ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง วิภาวดี แขวงเมฆ และรุ่งอรุณ วณิชชนะชากร. (2567). การศึกษาการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะของสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, 14(3), 209-219.
- พัชรินทร์ วัฒนราช. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง พลังงานไฟฟ้า วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*, 16(2), 43-57.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการประเมิน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/ebook-science/item/8923-2018-10-01-01-59-16>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). *การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2564). *การเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุก: ถอดบทเรียนการปฏิบัติของโรงเรียนทุ่งมหาเมฆ กรุงเทพมหานคร*. สืบค้นจาก <https://www.onec.go.th/th.php/book/BookView/1898>
- อัฟซะห์ สะดียามู, มุนีเราะฮ์ ผดุง และรุยัยซา ดือราแม. (2567). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่อง แรงไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารราชภัฏยะลา*, 19(3), 71-80.

ภาษาอังกฤษ

- Abrahams, I. & Millar, R. (2007). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Boesdorfer S. B. & Livermore R. A. (2018). Secondary school chemistry teacher's current use of laboratory activities and the impact of expense on their laboratory choices, *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 135-148. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/C7RP00159B>
- Bybee, R., Taylor, J. A., Gardner, A., van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Cajayon, J. B. & Benavides, N. G. (2022). Development and Validation of Inquiry-Based Learning Activity Sheets in Life Science. United International. *Journal for Research & Technology*, 3(5), 69-82.

- Cheung D. (2007). Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 107-130.
- Fitz-Gibbon, C.T., Lyons M. & Lynn J. (1987). *How to design a program evaluation*. Newbury Park: Sagh.
- Goodhew, L. M., Robertson, A. D., Heron, P. R. L., and Scherr, R. E. (2019). Student conceptual resources for understanding mechanical wave propagation. *Physical Review Physics Education Research*. 15, 020127-1- 020127-16. Retrieved from <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020127>
- Haerani, H., Arsyad, M., & Khaeruddin, K. (2023). Development of Experiment-Based Physics Worksheets in Science in Developing Students' Science Process Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 292-298. Retrieved from <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2609>
- Korganci, N., Mirona, C., Dafineia, A., & Antohea, S. (2015). The Importance of Inquiry Based Learning on Electric Circuit Models for Conceptual Understanding. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2463-2468. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.530>
- Mashood, K. K., & Singh, V. A. (2013). Large-scale studies on the transferability of general problem-solving skills and the pedagogic potential of physics.” *Physics Education*, 48, 629-635.
- Mason, A., & Singh, C. (2016). Using categorization of problems as an instructional tool to help introductory students learn physics. *Physics Education*, 51, 025009 (5pp).
- Nitko, A.J. & Brookhart, S. M. (2015). *Educational Assessment of Students*. (7th Edition). Pearson Education, Inc., Upper Saddle River.
- Oladehinde, A. A. (2001). Resource Utilization in Classroom. The Effect of Learning Activity Package to Teach Biology at the Senior Secondary School Level. *Journal of Science Teachers Association of Nigeria (JSTAN)*, 40(2), 103-106.
- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L. Somogyi, Z. & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: a case study. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 24, 50-70. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/D2RP00110A>
- Pejuan, A., Bohigas, X., Jaen, X., & Periago, C. (2012). Misconceptions about Sound among Engineering Students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 669-685. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9356-6>
- Romero-Ariza M., Quesada A., Abril A., Sorensen P., & Oliver M. (2020). Highly recommended and poorly used: English and Spanish Science Teachers' views of inquiry-based learning (IBL) and its enactment, *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), 1-16. Retrieved from <https://doi.org/10.29333/ejmste/109658>

- Silm G., Tiitsaar K., Pedaste M., Zacharia Z. C. & Papaevripidou, M. (2017). Teachers' readiness to use inquiry-based learning: An investigation of teachers' sense of efficacy and attitudes toward inquiry-based learning, *Science Education International*, 28(4), 315-325.
- Smithenry D. W. (2010). Integrating guided inquiry into a traditional chemistry curricular framework, *International Journal of Science Education*, 32(13), 1689-1714. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/09500690903150617>
- Whitney, D. R., & Sabers, D. L. (1970). Improving essay examination III: *Use of item analysis*, *Technical Bulletin 11*. Mimeographed. (Iowa City: University)