

การสอนซ่อมเสริมพื้นฐานไฟฟ้า วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียน ปวช. 1

Remedial Instruction in Fundamental Electricity (AC Circuits) for First-Year Vocational Students

นำโชค วัฒนานัย^{1*}, สมเกียรติ วุฒิธรรมาภิวัฒน์², คุณัญญา รongศรีนะ³, ณภัทร พูลพัฒนา⁴

ชินพงษ์ เลื่อยไธสง⁵, จีระวัฒน์ เปรมรัตน์⁶, เมธาพัฒน์ ดีแท้⁷ และ ภัทรพงศ์ พรหมศรี⁸

Numchoke Wattananaiya^{1*}, Somkiat Wuttithammapiwat², Khunanya Rongsrinah³, Napat Poolpattana⁴,
Chinnapong Lueaithaisong⁵, Jeerawat Permratt⁶, Methapat Deetae⁷ and Pattarapong Promsri⁸

^{*1,3,4,5,6,7} คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาราชวิทยาลัย วิทยาเขตอีสาน จังหวัดขอนแก่น 40000

^{*1,3,4,5,6,7} Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

² Lecturer, Faculty of Education, Mahamakut Buddhist University Isan Campus, Khonkaen, 40000

Received : 2024-10-14 Revised : 2024-11-24 Accepted : 2024-11-25

บทคัดย่อ

พื้นฐานและมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง มีความสำคัญต่อนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง นักเรียนต้องได้รับความรู้และมีทักษะการใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าทางไฟฟ้า การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน วางแผนการวิจัยแบบทดลองกลุ่มเดียวศึกษาเฉพาะรายกรณี วัดผลหลังการทดลองวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาผลการสอนซ่อมเสริมพื้นฐานไฟฟ้า วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียน ปวช. 1 และ (2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริม กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระดับชั้นปีที่ 1 จำนวน 5 คน สอนซ่อมเสริมบางจุดประสงค์ที่เรียนไม่ผ่านนอกเวลาสอนปกติ ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR (Plan, Act, Observe, Reflect) ซ้ำ 2 ระยะ เครื่องมือที่ใช้ คือ (1) เอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้า และ (2) แบบฝึกปฏิบัติคำนวณค่าทางไฟฟ้า ใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 มีพัฒนาการสัมพัทธ์ในระดับสูง (RGS=60.73) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระหว่างคะแนนจากทั้งสองระยะที่ระดับ .05 โดยคะแนนในระยะที่ 2 สูงกว่าคะแนนระยะที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.6, S.D.=0.54).

คำสำคัญ : การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน, การสอนซ่อมเสริม, แบบฝึกปฏิบัติ

Abstract

A strong foundation in mathematics is crucial for students in the Electrical Power Technology vocational certificate program. Proficiency in mathematics is essential for performing electrical calculations. This classroom action research employed a single-group experimental design with post-test-only measurement, focusing on a case study of five first-year vocational students. The research aimed to: (1) evaluate the effectiveness of remedial instruction in AC circuit theory, targeting specific learning objectives not met during regular classes; and (2) assess student satisfaction with this remedial instruction. The remedial instruction was delivered outside of regular class time. The research followed a

*นำโชค วัฒนานัย

E-mail address : numchoke.w@fte.kmutnb.ac.th

two-cycle PAOR (Plan, Act, Observe, Reflect) process. Data were collected using (1) a summary document outlining key electrical concepts and (2) practice exercises for electrical calculations. Descriptive statistics were used for analysis. The results showed that the majority of participants achieved scores above 80%. A high level of relative growth score was observed (RGS = 60.73). A statistically significant level of .05 was found between the scores from the two measurement periods, with the second period's scores significantly higher than the first. Furthermore, participant satisfaction with the remedial instruction was very high. ($\bar{X}$ =4.6, S.D.=0.54).

Keywords : Classroom Action Research, Remedial teaching, Practice Sheets

1.บทนำ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา [1] กำหนดให้หลักสูตรอาชีวศึกษา ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เป็นหลักสูตรหลังมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่า นักเรียน ปวช. สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานวงจรไฟฟ้า รู้หลักการและกฎทางไฟฟ้า มีทักษะการต่อวงจรและใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าทางไฟฟ้า

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปวช. ชั้นปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2/2566 รายวิชา 20104-2003 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับโรงเรียนจิตรลดาวิชาชีพขณะทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และผลคะแนนสอบกลางภาค โดยเฉพาะการเขียนตอบแบบอัตนัย ข้อมูลที่พบและสรุปได้ว่าเป็นปัญหาในชั้นเรียน คือ พื้นฐานความรู้และทักษะการคำนวณคณิตศาสตร์ที่มีความแตกต่างกันในการตีความโจทย์ปัญหาทางไฟฟ้า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงวิธีทำ ไม่ลดรูปตัวเลขด้วยการปัดเศษทศนิยม ไม่ใส่หน่วยทางไฟฟ้า ใช้คำอุปสรรคในการกำหนดค่าทางไฟฟ้าผิด และเมื่อสัมภาษณ์แบบสุ่มอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า นักเรียนติดปัญหาในเรื่องของการวิเคราะห์โจทย์ บางคนลืมสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า เช่น ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ไม่สามารถวาดวงจรได้ถูกต้องตามโจทย์ และ

ขาดสมาธิในการเรียน เนื่องจากการเล่นโทรศัพท์ระหว่างเรียน เมื่อไม่ได้ตั้งใจฟังจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่เรียนไม่เข้าใจ

ประเด็นสำคัญและจำเป็นเร่งด่วนเพื่อแก้ปัญหาการสอนปลายภาค คือ การช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถเรียนรู้และเข้าใจโจทย์ปัญหา สามารถตีความโจทย์ที่กำหนด ใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้องในการวาดวงจรไฟฟ้าได้ ผู้วิจัยจึงค้นคว้าเอกสารงานวิจัยในขอบข่ายที่เกี่ยวข้องกับพื้นฐานคณิตศาสตร์และการเรียนวิชาวงจรไฟฟ้า ศึกษาปัญหาและวิธีการแก้ไข ได้แก่ งานวิจัยของ S. Khamjan [2] กล่าวว่า เนื้อหาสาระของวงจรไฟฟ้า เป็นสิ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาทักษะการต่อวงจร และเป็นพื้นฐานที่นักเรียนต้องนำความรู้ไปใช้ต่อยอดเรื่องอื่นต่อไป โดยปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า ขาดสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมครูส่วนใหญ่ใช้การสอนแบบเดิม สื่อสารเนื้อหาด้วยการใช้กระดานให้นักเรียนจดบันทึกตาม จากนั้นจึงให้ทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนรู้ ส่วน W. Wattanasinthu and Y. Aabsuwan [3] กล่าวว่า การศึกษาทางด้านช่างอุตสาหกรรมเป็นวิชาที่มีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ต้องนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้และต่อยอดองค์ความรู้ในศาสตร์และเทคโนโลยีตามสาขาวิชาชีพ ปัญหาที่พบในการเรียนการสอนระดับชั้น ปวช. คือ รูปแบบการสอนที่ยึดผู้สอนเป็นสำคัญ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนน้อย จัดการเรียนการสอนแบบท่องจำมากกว่าการคิดและปฏิบัติ

โดยสรุป งานวิจัยที่ศึกษาข้างต้นนั้น ปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ปวช. คือ พื้นฐานคณิตศาสตร์และการคำนวณค่าทางไฟฟ้า การขาดแคลนสื่อที่เหมาะสมกับรายวิชาหรือวัสดุประสงค์การเรียนรู้ รูปแบบการสอนของครูที่ไม่ตอบสนองความแตกต่างของผู้เรียน ครูใช้วิธีสอนแบบเดิมถือการบรรยาย และมีกิจกรรมที่สนับสนุนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อย จึงส่งผลต่อการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสาขาวิชาชีพ ครูที่เป็นนักวิจัยหลายท่านจึงได้คิดหาวิธีแก้ปัญหาด้วยการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เท่าที่ค้นพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ P. Khansombat [4] ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อแก้ปัญหาคircuit ต่อวงจรไฟฟ้า S. Amornpun [5] พัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อแก้ปัญหาคircuit เกี่ยวกับพื้นฐานการอ่านแบบและเขียนแบบสัญลักษณ์ อุปกรณ์ไฟฟ้าและ

อิเล็กทรอนิกส์ตามมาตรฐานสากล ส่วน S. Phuaknoy [6] สอนคณิตศาสตร์เสริมพื้นฐาน เพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาที่มีความแตกต่างกัน ทำให้เพิ่มพูนความรู้และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

จากประเด็นต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น การแก้ปัญหาในชั้นเรียน ในรายวิชาที่พื้นฐานการคำนวณของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ครูนักวิจัยส่วนใหญ่ใช้การสอนเสริมหรือสอนซ่อมเสริม และเลือกใช้สื่อการสอนประเภทต่าง ๆ ที่เหมาะสม เป็นเครื่องมือแก้ปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านการออกแบบวงจร การเขียนวงจรไฟฟ้า การคำนวณค่าทางไฟฟ้า และการต่อวงจรไฟฟ้า สอดคล้องกับ I. Dekk, et al. [7] ที่กล่าวว่า “การสอนซ่อมเสริมหรือการเรียนเสริม (Supplemental Instruction; SI)” เป็นวิธีการที่ช่วยให้นักศึกษามีเกรดที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ปัญหาและวิธีแก้ไขซึ่งได้มาจากการศึกษางานวิจัยในข้างต้น มีความสอดคล้องกับปัญหาในชั้นเรียน ที่ผู้วิจัยกำลังประสบและต้องรีบเร่งแก้ไข ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะใช้การสอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อปรับพื้นฐานความรู้ เกี่ยวกับการคำนวณค่าทางไฟฟ้า การตีความโจทย์ การใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า การหาค่าตัวแปร การปิดเศษทศนิยม และการใช้หน่วยของค่าทางไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าการสอนซ่อมเสริมสามารถช่วยแก้ปัญหาได้

2.คำถามการวิจัย

2.1การสอนซ่อมเสริมส่งผลต่อการพัฒนาการด้านการคำนวณค่าทางไฟฟ้าของนักเรียนหรือไม่

2.2หลังจากสอนซ่อมเสริมแล้วนักเรียนมีพัฒนาการด้านการคำนวณค่าทางไฟฟ้าดีขึ้นหรือไม่

3.วัตถุประสงค์การวิจัย

3.1เพื่อศึกษาผลการสอนซ่อมเสริมพื้นฐานไฟฟ้า วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียน ปวช. 1

3.2เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริม

4.สมมติฐาน

การสอนซ่อมเสริม ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคำนวณค่าทางไฟฟ้าดีขึ้น ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80

5.วรรณกรรมปริทัศน์

ผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยได้ศึกษาทฤษฎีจากตำราวิชาการและงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาในชั้นเรียนสำหรับใช้อ้างอิงประกอบการทำวิจัยเพื่อความน่าเชื่อถือ ได้แก่ (1) การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (2) การสอนซ่อมเสริม (3) สื่อการสอน และ (4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

5.1การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น การวิจัยปฏิบัติการ การวิจัยในชั้นเรียน การวิจัยของครูหรือการวิจัยโดยครูเป็นการวิจัยที่ดำเนินการควบคู่กับการปฏิบัติงานสอนในชั้นเรียนปกติของครู มีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพงาน การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยที่มีขนาดเล็ก ไม่สามารถกำหนดหรือควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจส่งผลกระทบต่อชัดเจน ดำเนินการวิจัยเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องเป็นวงรอบ (Circle) พัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องจนกว่าผลการวิจัยจะเป็นที่น่าพอใจหรือแก้ปัญหาได้ [8],[9]

S. Wongwanich [9] กล่าวว่า ลักษณะของงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนของครู ควรเป็นงานวิจัยขนาดเล็ก มุ่งหาคำตอบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้เวลาในการดำเนินการนานเกินไป และดำเนินการให้เป็นส่วนหนึ่งของการสอนตามปกติ เพื่อให้การสอนเกิดผลสัมฤทธิ์มากที่สุด เป้าหมายของการวิจัยของครู จึงไม่ใช่การสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับศาสตร์การสอน หรือสร้างผลงานทางวิชาการเพื่อตนเอง แต่ควรเป็นงานที่มีผู้เกี่ยวข้องร่วมกันพัฒนาผู้เรียน ซึ่งปัญหาการวิจัยมาจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงขณะนั้น และไม่สามารถใช้วิธีการเดิม ๆ แก้ปัญหาได้

การนำเสนอผลการวิจัยของครูหรือการวิจัยในชั้นเรียน ไม่ยึดรูปแบบตายตัว สามารถรายงานได้ทั้งที่เป็นทางการในเชิงวิชาการ (Academic research) และไม่เป็นทางการเป็นงานวิจัยที่ทำเสร็จได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีความซับซ้อนเหมือนวิธีการวิจัยเชิงวิชาการ และมักใช้วิธีการเชิงอัตวิสัย (Subjectivity) ในการแสวงหาความรู้ โดยให้ความสำคัญกับการตีความสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนด้วยตนเอง ใช้วิธีการเก็บบันทึกข้อมูลที่ไม่เป็นทางการ ไม่ค่อยใช้วิธีการวิจัยเชิงทดลอง ไม่มีระบบการเก็บข้อมูลก่อน-หลังการทดลอง และ

ผลการวิจัยที่ปรากฏนั้นไม่เน้นการสรุปอ้างอิง เพราะประชากรที่ใช้ในการวิจัยไม่เหมือนกับการประชากรอื่น [9] สอดคล้องกับ W. Wongyai and M. Pattapol [10] กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนไม่มุ่งเน้นการใช้สถิติขั้นสูง เพราะเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสภาพการณ์หรือปรากฏการณ์ตามบริบทจริงของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น จึงไม่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มอื่น ๆ ได้ และใช้วิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) เพื่อสรุปข้อมูลขั้นต้นที่ได้จากการเก็บรวบรวม วิเคราะห์และอธิบายผลหรือตีความหมาย ดำเนินการตามลักษณะของการวิจัยในชั้นเรียน (Classroom Action Research) และเน้นไม่ทดสอบนัยสำคัญ ใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ [11] ในการวิจัยได้

5.2 การสอนซ่อมเสริม

การสอนซ่อมเสริม (Supplementary instruction or Remedial Instruction) [12] มี 2 แนวทาง คือ “การสอนเสริม” เพื่อเพิ่มเติมให้นักเรียนที่เรียนเก่งให้สามารถเรียนได้เก่งยิ่งขึ้น กับ “การสอนซ่อม” หรือ “การสอนแก้ไข” เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่บกพร่องในทักษะ กระบวนการ เจตคติ หรือคุณลักษณะอื่นที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และควรทดสอบซ้ำหลังจากผ่านการเรียนซ่อมเสริมแล้วประมาณ 3-5 วัน

5.3 สื่อการสอนและแบบฝึกปฏิบัติ

C. Promwong, et al. [13] กล่าวว่า “สื่อการสอน” หรือ “เครื่องช่วยสอน” มีความหมายครอบคลุมวัสดุสิ้นเปลือง (Software) เครื่องมือที่มีความคงทนถาวร (Hardware) และวิธีการหรือกิจกรรมการเรียนการสอน (Method) ซึ่งครูสามารถทำขึ้นใหม่ หรือพัฒนาขึ้นจากของเดิมที่มีเพื่อแก้ปัญหาของผู้เรียน และควรมีคู่มือการใช้งานสื่อการสอนด้วย โดยลักษณะของคู่มือกระทำโดย (1) แยกเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นกระดาษคำตอบ (Worksheet) สำหรับประกอบกิจกรรมต่าง ๆ หรือ (2) จัดทำรวมเป็นรูปเล่ม (Workbook) เรียงลำดับหน่วยการเรียนรู้ตามแผนการสอน ซึ่งแบบฝึกปฏิบัติเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ ประเภท Software จัดทำขึ้นในรูปแบบรวมเป็นเล่มหรือแยกเนื้อหาเป็นเอกสารหรือกระดาษคำตอบตามหน่วยการเรียนรู้ สอดคล้องกับ T. Na Nakorn and S. Insathard [14] กล่าวว่า แบบฝึกปฏิบัติ (Practice Sheets) อาจอยู่ในรูปของบทเรียนที่บรรจุลงในกระดาษหรือสมุดที่จัดพิมพ์ มีภาพประกอบเนื้อหาและ

กิจกรรม โดยเนื้อหาของการฝึกปฏิบัติ ต้องเพิ่มทักษะหรือสามารถทดสอบผู้เรียนด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น ตั้งคำถามให้เลือกตอบ ชัดเขียนตามเส้นร่าง เติมคำแบบบรรยาย แสดงวิธีการคำนวณ เขียนแผนผังความคิด ร่างแบบหรือจำลองต้นแบบ (Prototype) หรือต้องจรรยาภาพ เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติตามจนเข้าใจและทรงจำเนื้อหาแน่นได้ดี

จากการอ่านตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปสื่อที่ต้องใช้ประกอบการวิจัยครั้งนี้ คือ Practice Sheets (แบบฝึกหัดหรือแบบฝึกปฏิบัติ) มักเน้นการฝึกฝนทักษะเฉพาะอย่างซ้ำ ๆ เพื่อให้เกิดความคล่องแคล่ว โจทย์หรือคำถามมักจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกัน เน้นการทำซ้ำเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและความจำ เช่น แบบฝึกหัดการเขียนตัวอักษร การคำนวณเลข หรือการแปลภาษา มักมีคำตอบหรือเฉลยให้ตรวจสอบด้วยตนเอง ส่วน Worksheet (ใบงาน) มีความหลากหลายมากกว่า อาจรวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเติมคำ การระบายสี การตอบคำถามแบบเปิด การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา หรือการสร้างสรรค์ เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่เรียนรูมาแล้ว อาจไม่มีคำตอบหรือเฉลยให้ หรืออาจมีคำถามที่เปิดกว้างให้ตอบได้หลายแบบ มักใช้ในการประเมินความเข้าใจหรือการเรียนรู้ของนักเรียนหรือใช้เป็นกิจกรรมเสริมในห้องเรียน แปลความในภาพรวมนั้น Practice Sheets เน้นการฝึกฝนซ้ำ ๆ ส่วน Worksheet เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะแต่ในทางปฏิบัติคำทั้งสองคำมักใช้สลับกันได้ขึ้นอยู่กับบริบทและวัตถุประสงค์ของเอกสารนั้น ๆ

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนซ่อมเสริมพื้นฐานการคำนวณค่าทางไฟฟ้า ผู้วิจัยสืบค้นด้วยคำสำคัญ คือ “การสอนซ่อมเสริม” จากฐานข้อมูลหนึ่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลที่ได้จากการสืบค้น คือ เอกสาร 454 เรื่อง ตั้งแต่ พ.ศ. 2517-2565 ประกอบด้วย (1) วิทยานิพนธ์ 429 เรื่อง (2) งานวิจัย 14 เรื่อง และ (3) บทความ 11 เรื่อง ครอบคลุมการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้บทเรียนสำเร็จรูป การใช้บทเรียนโปรแกรม การใช้ชุดการสอนและแบบฝึกเสริมทักษะ การใช้สื่อกิจกรรมเชิงบูรณาการตามศาสตร์ของรายวิชา การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น การสอนทางไกล การใช้วีดิโอกับเอกสารสิ่งพิมพ์ การใช้สื่อประสม และการพัฒนาหลักสูตรเสริมกิจกรรมนอกเวลาเพื่อสอนซ่อมเสริมให้นักเรียน โดยรายวิชาที่มีการสอนซ่อมเสริม พบว่า ส่วนมากจัดการสอนซ่อมเสริม

ให้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์ รองลงมา คือ วิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิชาทางด้านภาษา ได้แก่ ภาษาไทยกับภาษาอังกฤษ ในขณะที่การสอนซ่อมเสริมสำหรับนักเรียนในสายอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหรือสายที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมมีเพียง 14 เรื่องและดำเนินการวิจัยมากกว่า 5 ปี แต่ผลงานวิจัยเท่าที่พบและมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของผู้วิจัย มีเพียง 3 เรื่อง ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะ “การสอนซ่อมเสริมที่ใช้แบบฝึกปฏิบัติเป็นสื่อการสอน สำหรับแก้ปัญหาการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์” ได้แก่ งานวิจัยของ Y. Chuaynugool [15] C. Theeratchakul [16] และ K. Thipyotha [17] โดยสรุปจากงานวิจัยดังกล่าวนี้ พบว่าการสอนซ่อมเสริมส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

6.วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบการวิจัย วิธีการวิจัย และการเก็บรวบรวมเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1ระเบียบวิธีวิจัย

ออกแบบการวิจัย (Research design) เน้นศึกษาเฉพาะกรณี (Case study) วางแผนการวิจัยแบบทดลองกลุ่มเดียววัดผลหลังการทดลอง (One group posttest only design)

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียน ปวช. 1 สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง จำนวน 5 คน คัดเลือกจากผู้ที่มีคะแนนสอบกลางภาคต่ำกว่าเกณฑ์ ไม่แสดงวิธีทำ ไม่ลดรูปตัวเลขโดยการปัดเศษทศนิยม ไม่ใส่หน่วยทางไฟฟ้า ใช้คำอุปสรรคกับค่าทางไฟฟ้าผิด

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้าซึ่งเป็นนวัตกรรมที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบฝึกปฏิบัติการคำนวณค่าทางไฟฟ้า (ใบงานซ่อมเสริม)

6.2ขั้นตอนการวิจัย

ดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนแบบร่วมมือกันทำเป็นหมู่คณะ [8] ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart ซึ่งประยุกต์มาจากแนวคิดของ Lewin เป็นวงจร PAOR คือ การวางแผน (Planning) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observation) และการสะท้อนผล (Reflection) แสดงดังรูปที่ 1 สอนซ่อมเสริมด้วยรูปแบบการสอนซ่อมเสริม

บางจุดประสงค์ที่เรียนไม่ผ่าน ใช้เวลาเรียนนอกชั้นเรียนปกติเก็บข้อมูลด้วยการสังเกตและตรวจผลการทำแบบฝึกปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็นวงจร 2 รอบ จนเข้าใจปัญหาอย่างแก้ไขไม่หมด



รูปที่ 1 วงจร PAOR ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart

1)ขั้นการวางแผนวิจัย (Planning) กิจกรรมประกอบด้วย 7 ขั้น คือ (ขั้นที่ 1) สสำรวจสภาพปัจจุบันในชั้นเรียนด้วยการสังเกต สัมภาษณ์รายบุคคล บันทึก สรุปและอภิปรายร่วมกับคณะผู้ร่วมวิจัย (ขั้นที่ 2) วิเคราะห์สภาพปัญหาต่าง ๆ ในชั้นเรียนและหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาและสาเหตุของปัญหา โดยกำหนดให้ละเอียดทุกอย่าง (ขั้นที่ 3) เลือกปัญหาที่สำคัญเร่งด่วน และคาดหวังว่าเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไข ความเป็นไปได้ในการแก้ไขด้วยการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน [11] (ขั้นที่ 4) บันทึกผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาโดยประยุกต์ใช้แบบวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนของ W. Wongyai and M. Pattapol [10] ดังรูปที่ 2 (ขั้นที่ 5) กำหนดชื่อการวิจัยเพื่อสื่อความหมายที่ต้องการทำกับกลุ่มเป้าหมายและวิธีดำเนินการวิจัย (ขั้นที่ 6) ออกแบบการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาคำตอบ และ (ขั้นที่ 7) วางแผนการพัฒนาสื่อและกำหนดรูปแบบการสอนซ่อมเสริม ออกแบบแผนการสอนและกำหนดวัตถุประสงค์ที่เป็นผลลัพธ์การเรียนรู้ (OBE) ครอบคลุมปัญหาประกอบด้วย 3 ผลลัพธ์การเรียนรู้ ได้แก่ OBE1 คือ แปลงหน่วยทางไฟฟ้าได้ OBE2 คือ เขียนสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าได้ OBE3.1 คือ คำนวณค่า X_L และ X_C ได้ และ OBE3.2 คือ B_L และ B_C ได้

การวิเคราะห์ปัญหาในชั้นเรียน 1. รายวิชา: 20104-2003 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2. วันที่วิเคราะห์: 4 มกราคม 2567 3. สถานศึกษา: โรงเรียนจิตรลดาวิชาชีพ 4. ผู้วิเคราะห์: คุณัญญา รอดศรี, ภรพร พูลพัฒนา, ชินพงษ์ เหลือโฮง, จิระวัฒน์ เปรมรัตน์, เมธาพัฒน์ ดีแท้ และ ภรพรพงศ์ พรหมศรี 5. ปัญหาที่พบ: ไม่มีใจในการกำหนดตัวเลขเพื่อแทนค่าในสูตร สิมชื่อตัวแปรที่ต้องคำนวณ สิมสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า ค่าวนค่าได้แต่สรุปค่าที่คำนวณโดยใช้ค่าอุปสรรคกับค่าทางฟิสิกส์ไม่ได้ 6. สาเหตุของปัญหา: สมาธิ ความสนใจ ความเข้าใจ การจดจำ ปริมาณเนื้อหาที่รับได้ในแต่ละวัน		
7. วิธีการแก้ปัญหา		
วิธีการแก้ปัญหา จากเอกสารหรืองานวิจัย ● การทดสอบ ● การสอนซ่อมเสริม ● การใช้สื่อประเภทการเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนสำเร็จรูป บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอนและแบบฝึกเสริมทักษะ ตลอดจนสื่อกิจกรรมเชิงบูรณาการตามศาสตร์ของรายวิชา ภูมิปัญญาท้องถิ่น การสอนทางไกล การใช้สื่อออนไลน์ และการพัฒนาหลักสูตรเสริมกิจกรรมนอกเวลาเพื่อสอนซ่อมเสริมนักเรียน	วิธีการแก้ปัญหา จากคำแนะนำของเพื่อนครู/ครูพี่เลี้ยง ● ทบทวนก่อนการเรียน/เรื่องเดิม ● สอนซ้ำ ● แยกกลุ่มย่อยตัวกับเพื่อนครู	วิธีการแก้ปัญหา จากประสบการณ์ของตนเอง ● หยุดให้เนื้อหาใหม่และสอนซ้ำ ● แยกกลุ่มย่อยตัวกับเพื่อนครู ● ทำเอกสารสรุปสาระสำคัญ
8. สรุปวิธีการแก้ปัญหา: วิธีแก้ไขในครั้งนี้ คือ การสอนซ่อมเสริมร่วมกับการใช้เอกสารสรุปสาระสำคัญ		

รูปที่ 2 แบบวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน

2) ขั้นปฏิบัติตามแผนที่กำหนด (Action) ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการสอนซ่อมเสริม และปฏิบัติการสอนซ่อมเสริมตามแนวทางของ C. Suthirat [12] มีขั้นตอน ดังนี้ คือ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังรูปที่ 3 นำเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านประเมินคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี ประยุกต์ใช้แบบประเมินคุณภาพนวัตกรรมและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของ W. Wongyai and M. Pattapol [10] กำหนดเกณฑ์ประเมิน 3 ระดับ ภาพรวมได้คะแนน 2.67 คะแนน แปลผลได้ว่าแบบฝึกปฏิบัติมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใช้สอนซ่อมเสริมได้ และขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1 ร่วมกับการใช้แบบฝึกปฏิบัติ กำหนดการสอนซ่อมเสริมนอกเวลาเรียนของชั้นเรียนปกติ ใช้วิธีการให้นักเรียนได้ศึกษาเอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้าด้วยตนเอง ให้ความเรียนรู้ 20 นาที จึงทำแบบฝึกปฏิบัติ กำหนดเกณฑ์ผ่านร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม ทำเสร็จแล้วเฉลยดังรูปที่ 4

(ก)

ค่าอุปสรรคที่พบในสาย	หน่วยพื้นฐานทางไฟฟ้า	สัญลักษณ์
10 ⁹ จิกะ (giga)	G	แอมแปร์ (A)
10 ⁶ เมกะ (mega)	M	โวลต์ (V)
10 ³ กิโล (kilo)	k	กระแสไฟฟ้า I
10 ² เฮนตี (centi)	cm	กำลังไฟฟ้า P
10 ⁻¹ เดซิ (milli)	m	ความต้านทาน R
10 ⁻² มิลลิ (milli)	m	อินดักแทนซ์ L
10 ⁻⁶ ไมโคร (micro)	μ	ความจุไฟฟ้า C
10 ⁻⁹ นาโน (Nano)	n	ความถี่ f

วงจร R-L-C อย่างง่าย	วงจร R-L-C ขนาน
 $\vec{I}_m = I_m \angle 0^\circ$ $\vec{U}_m = U_m \angle 0^\circ$ $\vec{U}_{Lm} = U_{Lm} \angle 90^\circ$ $\vec{U}_{Cm} = U_{Cm} \angle -90^\circ$ $\vec{U}_m = U_m \angle \phi$	 $\vec{U}_m = U_m \angle 0^\circ$ $\vec{I}_{Rm} = I_{Rm} \angle 0^\circ$ $\vec{I}_{Lm} = I_{Lm} \angle -90^\circ$ $\vec{I}_{Cm} = I_{Cm} \angle 90^\circ$ $\vec{I}_m = I_m \angle \phi$
สูตร $X_L = 2\pi fL, X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	สูตร $B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{2\pi fL}, B_C = \frac{1}{X_C} = 2\pi fC$ $Y = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2}$

(ข)

การแปลงหน่วย	สัญลักษณ์อะไร?
สูตร: $(\text{ค่าตัวเลข}) \times \text{หน่วยเดิม} = \text{หน่วยใหม่}$ 1. 12 kg = _____ g $(12) \times 10^3 = 12,000 \text{ g}$ 2. 0.24 A = _____ mA $(0.24) \times 1 = 0.24 \text{ mA}$ 3. 600 μF = _____ mF $(600) \times (10^{-3}) = 0.6 \text{ mF}$ 4. 200 kΩ = _____ MΩ $(200) \times (10^{-3}) = 0.2 \text{ MΩ}$ 5. 0.874 H = _____ mH $(0.874) \times (10^3) = 874 \text{ mH}$	
การคำนวณค่า: X_L, X_C 1. จงคำนวณค่า X_C ของตัวเก็บประจุ 1 μF ที่ความถี่ 60 Hz วิธีทำ $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ $X_C = \frac{1}{2\pi \times (60) \times (10^{-6})}$	การคำนวณค่า: B_L, B_C 1. จงคำนวณค่า B_C ของตัวเก็บประจุ 1 μF ที่ความถี่ 60 Hz วิธีทำ $B_C = \frac{1}{X_C} = 2\pi fC$ $B_C = \frac{1}{X_C}$ $B_C = \frac{1}{X_C}$

(ค)

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง □ และโปรดระบุข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุง

ชื่อผู้ตรวจ	ข้อเสนอแนะ
เอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้า	ข้อเสนอแนะที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (ในรายงานฉบับร่าง) (จุดเด่นค่าจะ 1 คะแนน)
ตรงปัญหา	ตรงปัญหา
เหมาะสมกับผู้เรียน	เหมาะสมกับผู้เรียน
เป็นไปในเชิงปฏิบัติ	เป็นไปในเชิงปฏิบัติ
เป็นประโยชน์	เป็นประโยชน์

เกณฑ์การประเมินและการแปลผล

มาก หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับดีมาก หรือเสนอให้ปรับปรุงเพียงเล็กน้อย ซึ่งผู้วิจัยจะรับตามหรือไม่ก็ได้ ได้คะแนนระหว่าง 2.34-3.00

ปานกลาง หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง แต่ยังไม่สมบูรณ์ ต้องปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ตรวจสอบเท่านั้นจึงจะนำไปใช้ได้ ได้คะแนนระหว่าง 1.67-2.33

น้อย หมายถึง ต้องปรับปรุงแก้ไขเป็นจำนวนมาก และต้องนำมาให้ผู้ตรวจสอบได้พิจารณาซ้ำอีก ครั้งก่อนนำไปใช้ ได้คะแนนระหว่าง 1.00-1.66

ข้อเสนอแนะ (ตอบได้หลายข้อ)

□ มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ (ระบุ) _____

□ มีสิ่งควรปรับปรุงแก้ไข (ระบุ) _____

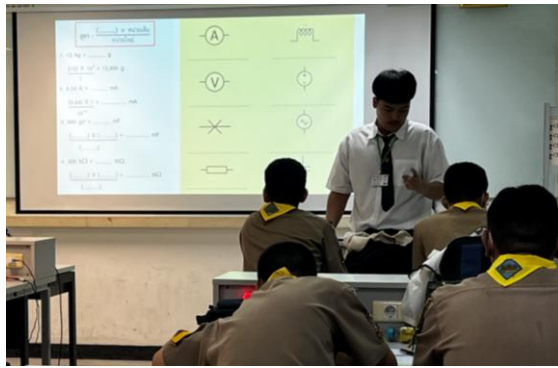
□ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ระบุ) _____

รูปที่ 3 แบบฝึกปฏิบัติ ระยะที่ 1

(ก) เอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้า (แบบสมบูรณ์)

(ข) แบบฝึกปฏิบัติคำนวณค่าทางไฟฟ้า (ใบงานซ่อมเสริม)

(ค) แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย



รูปที่ 4 การสอนซ่อมเสริมร่วมกับการใช้แบบฝึกปฏิบัติ

3) ขั้นสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติการ (Observation) เป็นรายบุคคล จัดบันทึกพฤติกรรมขณะทำแบบฝึกปฏิบัติ สัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ พบว่า การเรียนรู้และทำแบบฝึกปฏิบัติคำนวณค่าทางไฟฟ้าด้วยตนเองของนักเรียนกลุ่มเดิมยังไม่เข้าใจโจทย์คำถาม ไม่สามารถสรุปผลการคำนวณด้วยการใช้ค่าอุปสรรคได้ นักเรียนส่วนใหญ่คัดลอกเนื้อหาและสัญลักษณ์จากตัวอย่าง จินตนาการสัญลักษณ์ที่ตรงกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตามโจทย์ไม่ได้

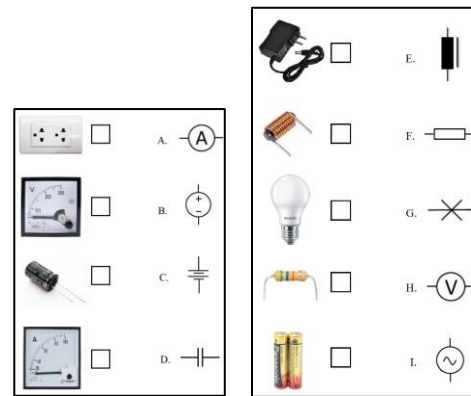
4) ขั้นสะท้อนผลหลังจากการปฏิบัติงาน (Reflection) คณะผู้วิจัยร่วมกันวิพากษ์ผลการสอนซ่อมเสริม สะท้อนว่า ควรปรับปรุงเอกสารและใบงานซ่อมเสริมใหม่ โดยใส่ภาพของจริงที่ตรงกับสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและปรับลดเนื้อหาที่สมบูรณ์ออกบางส่วน เพื่อให้ให้นักเรียนได้เติมคำและเขียนบันทึกเองและปรับเปลี่ยนรูปแบบการสอนซ่อมเสริม โดยการใช้การบรรยายเสริมก่อนให้นักเรียนทำแบบฝึกปฏิบัติ ดังภาพที่ 5 การสอนซ่อมเสริมในระยะที่ 2 เว้นระยะห่าง 7 วันจากระยะแรก

5) ดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนระยะที่ 2 ตามกระบวนการ PAOR เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยจากการสังเกต สนทนา และหลักฐานเอกสารซึ่งเป็นแบบฝึกปฏิบัติที่พัฒนาขึ้น ตัวอย่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติของนักเรียน แสดงดังรูปที่ 6

7.ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการสอนซ่อมเสริมวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ระดับ ปวช. และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริมผลการวิจัย แสดงดังนี้

(ก)



(ข)

ตัวอย่าง	สัญลักษณ์	สัญลักษณ์ (ชื่อไทย)
10^{-3}	T	เทรา (tera)
10^{-1}	G	กิกะ (giga)
10^0	K	กิโล (kilo)
10^{-1}	h	เฮกโต (hecto)
10^{-2}	da	เดคา (deca)
10^{-3}	d	เดซี (deci)
10^{-4}	c	เซนติ (centi)
10^{-5}	m	มิลลิ (milli)
10^{-6}	μ	ไมโคร (micro)
10^{-9}	n	นาโน (nano)
10^{-12}	p	พิโก (pico)

สูตร : $(\dots) \times (\dots)$ หน่วยใหม่

1) $69 \text{ mA} = ? \text{ A}$	$(\dots) \times (\dots) = \dots \text{ A}$
2) $0.047 \text{ F} = ? \mu\text{F}$	$(\dots) \times (\dots) = \dots \mu\text{F}$
3) $1000 \text{ k}\Omega = ? \text{ M}\Omega$	$(\dots) \times (\dots) = \dots \text{ M}\Omega$
4) $0.125 \text{ cm} = ? \text{ nm}$	$(\dots) \times (\dots) = \dots \text{ nm}$
5) $0.38 \text{ kHz} = ? \text{ MHz}$	$(\dots) \times (\dots) = \dots \text{ MHz}$

(ค)

จดเขียนตัวแปรลงในช่องว่าง	
1. แวลต์ไฟฟ้า	(.....)
2. กระแสไฟฟ้า	(.....)
3. ความต้านทานไฟฟ้า	(.....)
4. กำลังไฟฟ้า	(.....)
5. ความถี่ไฟฟ้า	(.....)
6. ความเร็วเชิงมุม	(.....)
7. ค่าความเหนี่ยวนำ	(.....)
8. ความจุไฟฟ้า	(.....)
9. อินดักทีฟรีแอกแตนซ์	(.....)
10. คาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์	(.....)
11. พลังงานไฟฟ้า	(.....)
12. ค่าความนำไฟฟ้า	(.....)

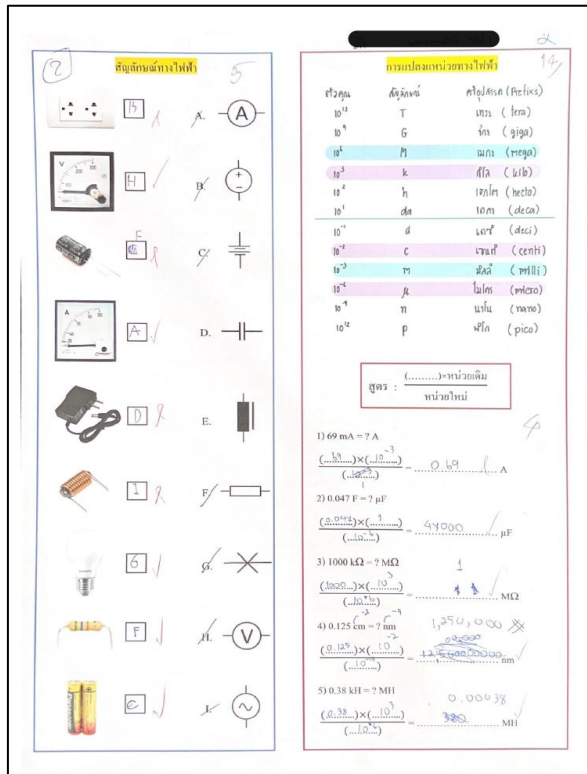
จดบันทึกคำตอบในช่องว่าง	
1. กระแสในวงจรมีค่าเท่าใด เมื่อแหล่งจ่ายมีแรงดัน 18 โวลต์ และต่อกับโหลดที่มีค่าความต้านทาน 1500 โอห์ม	โจทย์กำหนดให้ :
2. จงหาความต้านทานในวงจร เมื่อแหล่งจ่ายมีแรงดัน 6 โวลต์ และมีกระแสไหลในวงจร 2 แอมแปร์	โจทย์กำหนดให้ :
3. หออดไฟมีความต้านทาน 5 โอห์ม ต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 10 โวลต์ กำลังไฟฟ้าที่หลอดมีค่าเท่าใด	โจทย์กำหนดให้ :
4. จงหาความต้านทานรวมภายในวงจร เมื่อต่อตัวต้านทานขนาด 10 โอห์ม และ 40 โอห์มต่ออนุกรมกันอยู่	โจทย์กำหนดให้ :
5. กำลังไฟฟ้าของหลอดจะมีค่าเท่าใด เมื่อต่อหลอดกับกระแส 0.69 แอมแปร์ และต่อเข้ากับไฟบ้าน 220 โวลต์	โจทย์กำหนดให้ :
6. จงหาค่าปรีดิคทีฟรีแอกแตนซ์ โดยมีแหล่งจ่าย 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด	โจทย์กำหนดให้ :

รูปที่ 5 แบบฝึกปฏิบัติ ระยะที่ 2

(ก) ภาพของจริงกับสัญลักษณ์

(ข) ค่าอุปสรรค หน่วยและการแปลง

(ค) วิเคราะห์ตัวแปรและโจทย์



รูปที่ 6 ตัวอย่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติของนักเรียน

7.1 ผลการสอนซ่อมเสริม

การสอนซ่อมเสริม ยึดหลักการพิทักษ์สิทธิของผู้ให้ข้อมูล ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย และจริยธรรมการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ ให้ความเคารพในบุคคลและความเสมอภาค ดำเนินการวิจัยโดยไม่ก่ออันตรายต่อกลุ่มเป้าหมาย ผลการดำเนินการมีดังนี้

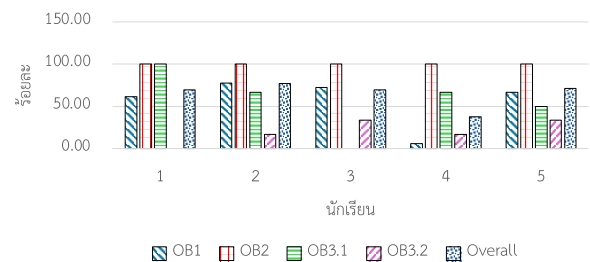
1) การสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1 ใช้วิธีการให้ศึกษาจากเอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้า เนื้อหาที่มีความสมบูรณ์เพื่อให้ใช้เรียนรู้ด้วยตนเอง แล้วทำแบบฝึกปฏิบัติ ผลคะแนนแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 7 ปรากฏว่าในภาพรวมทุกคนมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 80 เมื่อพิจารณารายวัตถุประสงค์พบว่า วัตถุประสงค์ที่ 2 (OBE2) เป็นคำถามเกี่ยวกับสัญลักษณ์ ผลคะแนนผ่านหมดทุกคน เนื่องจากใบเนื้อหาที่ใช้ประกอบการทำแบบฝึกปฏิบัติมีความสมบูรณ์ นักเรียนสามารถคัดลอกคำตอบได้จากใบเนื้อหาขณะทำ

2) การสอนซ่อมเสริมระยะที่ 2 ปรับเปลี่ยนวิธีการสอนใหม่ โดยใช้การสอนแบบบรรยายและถามตอบในเบื้องต้น ร่วมกับการใช้เอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ ในลักษณะที่มีเนื้อหาแบบกึ่งสมบูรณ์ ใส่ภาพของจริงและสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับภาพของจริง แล้วทำแบบฝึกปฏิบัติ ผลคะแนนแสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 8

ปรากฏว่าในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 80

ตารางที่ 1 ผลการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1

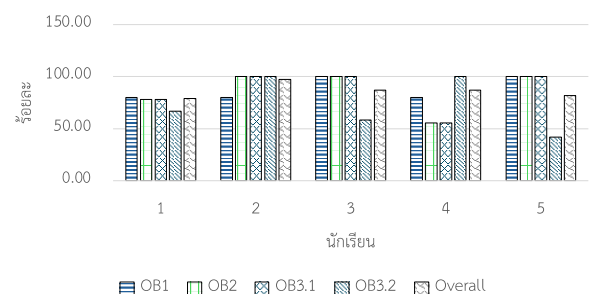
	OB1	OB2	OB3.1	OB3.2	Overall	แปลผล
1	61.11	100.00	100.00	0.00	69.70	ไม่ผ่าน
2	77.78	100.00	66.67	16.67	77.27	ไม่ผ่าน
3	72.22	100.00	0.00	33.33	69.70	ไม่ผ่าน
4	5.56	100.00	66.67	16.67	37.88	ไม่ผ่าน
5	66.67	100.00	50.00	33.33	71.21	ไม่ผ่าน



รูปที่ 7 กราฟคะแนนการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 2

	OB1	OB2	OB3.1	OB3.2	Overall	แปลผล
1	80.00	77.78	77.78	66.67	78.95	ไม่ผ่าน
2	80.00	100.00	100.00	100.00	97.37	ผ่าน
3	100.00	100.00	100.00	58.33	86.84	ผ่าน
4	80.00	55.56	55.56	100.00	86.84	ผ่าน
5	100.00	100.00	100.00	41.67	81.58	ผ่าน



รูปที่ 8 กราฟคะแนนการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 2

3) เปรียบเทียบผลคะแนนการทำแบบฝึกปฏิบัติ หลังการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1 กับระยะที่ 2 ทำแบบฝึกปฏิบัติที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน และทดสอบกับผู้เรียนที่มีพื้นฐาน

แตกต่างกัน โดยเกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative growth score) คือ (1) คะแนน 76-100 หมายถึง พัฒนาการระดับสูงมาก (2) คะแนน 51-75 หมายถึง พัฒนาการระดับสูง (3) คะแนน 26-50 หมายถึง พัฒนาการระดับกลาง และ (4) คะแนน 0-25 หมายถึง พัฒนาการระดับต่ำ [18],[19] ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระดับพัฒนาการ

	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	Growth Score	แปลผลพัฒนาการ
1	69.70	78.95	30.53	ระดับกลาง
2	77.27	97.37	88.43	ระดับสูงมาก
3	69.70	86.84	56.57	ระดับสูง
4	37.88	86.84	78.82	ระดับสูงมาก
5	71.21	81.58	36.02	ระดับกลาง
	65.15	86.32	60.73	ระดับสูง

จากตารางที่ 3 คะแนนที่ได้จากแบบฝึกปฏิบัติมีพัฒนาการสัมพัทธ์หรือความก้าวหน้าในการเรียนรู้อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 60.73 คะแนน จากนั้นผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทดสอบสมมติฐานผลต่างของกลุ่มเป้าหมายที่มีความสัมพันธ์กัน (Dependent group) กลุ่มเดียวเก็บข้อมูล 2 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยทดสอบเปรียบเทียบคะแนนจากแบบฝึกปฏิบัติระยะที่ 1 กับคะแนนจากแบบฝึกปฏิบัติระยะที่ 2 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนนระยะที่ 1 กับระยะที่ 2

	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	Sig. 1 tailed
ระยะที่ 1	65.15	15.562	21.16	16.189	2.923 *	4	0.022
ระยะที่ 2	86.32	7.061					

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนระยะที่ 1 เฉลี่ย เท่ากับ 65.15 คะแนน และคะแนนระยะที่ 2 เฉลี่ยเท่ากับ 86.32 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนระยะที่ 2 สูงกว่าคะแนนระยะที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7.2 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริม

หลังจากดำเนินการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 2 แล้วให้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการสอนซ่อมเสริม

โดยใช้เกณฑ์ประเมินตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ของลิเคิร์ต ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น 5 ระดับ มีความกว้างของอันตรภาคชั้นเท่ากับ 0.5 ผลการประเมินความพึงพอใจ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย (n=5)

ข้อ	ประเด็น	$\bar{X}$	S.D.
1.	ระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน ก่อนการเรียนซ่อมเสริม		
	1.1 ด้านการคำนวณค่าทางไฟฟ้าและการกำหนดตัวแปร	1.6	0.55
	1.2 ด้านการใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	2.4	0.54
2.	ระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน หลังการเรียนซ่อมเสริม		
	2.1 ด้านการคำนวณค่าทางไฟฟ้าและการกำหนดตัวแปร	4	0.71
	2.2 ด้านการใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	4.8	0.44
3.	ภาพรวม ความพึงพอใจต่อการสอนซ่อมเสริม	4.6	0.54

จากตารางที่ 5 ภาพรวมแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนซ่อมเสริมมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.6$, S.D.=0.54) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.21-5.00 กลุ่มเป้าหมายมีข้อคิดเห็นเพิ่มเติม คือ บางคนยังมีความกังวลเกี่ยวกับการใช้ตัวแปร และการเลือกใช้สูตรการคำนวณค่าทางไฟฟ้า หากเป็นเรื่องใหม่ที่ไม่ใช่เรื่องที่สอนซ่อมเสริม จึงต้องการให้มีการเสริมพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับหัวข้ออื่น ๆ ก่อนสอบปลายภาค

8. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้ ต้องการแก้ปัญหาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน การคำนวณค่าทางไฟฟ้า การตีความโจทย์และการวิเคราะห์โจทย์การหาค่าตัวแปร ความสับสนและหลงลืมสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าจากการตีความโจทย์ การปิดเศษและลดรูปทศนิยมด้วยค่าอุปสรรคของนักเรียน สรุปและอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

8.1 ผลการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1

สอนซ่อมเสริมด้วยการให้กลุ่มเป้าหมายเรียนรู้ด้วยตนเอง จำนวน 5 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า คะแนนหลังการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 1 เกือบทุกวัตถุประสงค์ (OBE) ยังไม่ผ่านเกณฑ์ ในขณะที่วัตถุประสงค์ที่ 2 (OBE2) ซึ่งมีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับสัญลักษณ์พื้นฐานทางไฟฟ้า พบว่า สามารถทำได้คะแนนเต็มร้อยละ 100 เนื่องจากเอกสารสรุปสาระสำคัญทางไฟฟ้าเป็นแบบสมบูรณ์ ขณะทำการสามารถเปิดเอกสารคัดลอกได้ ทำให้มีคะแนนสูง

ผู้วิจัยพบว่า กลุ่มเป้าหมายยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดใน ระยะที่ 1 ทั้งหมด จึงได้ทำการสอนซ่อมเสริมระยะที่ 2 โดยเว้น ระยะห่าง 7 วัน ปรับเปลี่ยนวิธีสอนซ่อมเสริมใหม่โดยใช้การ บรรยายก่อนให้ศึกษาเอกสารด้วยตนเอง ปรับลดเนื้อหา ที่สมบูรณ์ออกบางส่วน ปรับคำถามใหม่โดยเน้นให้นักเรียน วิเคราะห์โจทย์ให้มากขึ้น ผลปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 คะแนน มีเพียงคนเดียวที่ทำคะแนน ได้ 78.95

แต่เมื่อเปรียบเทียบพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนทั้งชั้น เรียน หลังจากการสอนซ่อมเสริม พบว่า นักเรียนทั้งหมด มีพัฒนาการในระดับที่สูง แสดงให้เห็นว่าเกิดมโนทัศน์ทาง คณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง สามารถตีความโจทย์ปัญหาและ วาดวงจรได้จากการตีความ ดูได้จากผลคะแนนที่สูงขึ้นในแต่ละ วัตถุประสงค์ สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการสอน ซ่อมเสริมเข้ากับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นได้ ซึ่งสังเกตจาก ผลคะแนนทดสอบที่ได้จากแบบฝึกปฏิบัติระยะที่ 2 สูงกว่า ระยะที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการสอนซ่อมเสริมเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย คือ การสอนซ่อมเสริม สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีพื้นฐานการ คำนวณค่าทางไฟฟ้าดีขึ้นและตีความโจทย์ปัญหาได้ สังเกตได้ จากผลคะแนนและความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย เพราะ ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาแบบฝึกปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้แบบฝึกปฏิบัติ มีคุณภาพเหมาะสมสามารถใช้เป็นสื่อประกอบการสอน ซ่อมเสริม ให้ผู้เรียนใช้เรียนตามความสามารถและความ ต้องการของตนเองในหัวข้อที่ไม่เข้าใจได้ สามารถใช้เรียนรู้ซ้ำ หรือทบทวนได้ในทุกที่ทุกเวลาที่ต้องการ เนื่องจากออกแบบมา ในลักษณะการสรุปประเด็นหลักที่สำคัญสำหรับการคำนวณ ค่าทางไฟฟ้า

แบบฝึกปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นนี้จึงเป็นสื่อที่ตอบสนองความ แตกต่างระหว่างบุคคลได้ ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการด้าน การคำนวณค่าทางไฟฟ้า สอดคล้องกับ C. Suthirat [12] กล่าวว่า การใช้แบบฝึกปฏิบัติกับการสอนซ่อมเสริม เป็นการ จัดประสบการณ์การฝึกหัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและ สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แบบฝึกปฏิบัติเป็นเครื่องมือที่จะ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ และแสดงออกมาโดยใช้ภาษาและรูปภาพสามารถช่วยส่งเสริม ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี และสอดคล้องกับ

S. Sindhapanon [20] กล่าวว่า “ชุดการฝึกหรือชุดการ ฝึกทักษะ” เป็นสื่ออย่างหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนหรือ เรื่องที่กำลังเรียน มีประโยชน์ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ตามอัตรา และความสามารถที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังสามารถ ช่วยซ่อมเสริมผู้เรียนที่เรียนไม่ผ่านเกณฑ์ หรือใช้เป็นสื่อช่วย เสริมบทเรียนปกติได้

การสอนซ่อมเสริมเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่สามารถ ปรับพื้นฐานการคำนวณค่าทางไฟฟ้า วิชาวงจรไฟฟ้า กระแสสลับได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อการเรียนของนักเรียน ปวช. ทำให้เกิดพัฒนาการด้านทักษะการคำนวณค่าทางไฟฟ้า พิจารณาได้จากคะแนนทดสอบที่เพิ่มขึ้นซึ่งช่วยประเมิน ความก้าวหน้าและพัฒนาการของนักเรียนได้ ตลอดจนความ พึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริมที่ได้จากการ แบบสอบถามและการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ช่วยให้ นักเรียนเข้าใจในด้านเนื้อหา จึงมีความพึงพอใจต่อวิธีการสอน ซ่อมเสริมและสื่อการสอนที่ออกแบบมาให้เป็นแบบฝึกปฏิบัติ ที่มีทั้งแบบสมบูรณ์และกึ่งสมบูรณ์ สัมภาษณ์และสังเกตได้จาก พฤติกรรมที่มีความกระตือรือร้นและมีส่วนร่วมในชั้นเรียน มากขึ้นหลังจากได้รับการสอนซ่อมเสริม

โดยสรุปธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่ใช้วิชาวงจรไฟฟ้า กระแสสลับ มีลักษณะเป็นนามธรรมและเป็นเรื่องของการใช้ สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย จึงเป็นเรื่องยากที่จะทำให้ นักเรียนเข้าใจและจดจำรายละเอียดของเนื้อหา ตลอดจนต้อง เชื่อมโยงความรู้ของตนเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผลได้ ทั้งหมด แนวทางการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทาง คณิตศาสตร์ สามารถแก้ไขได้ด้วยการสอนซ่อมเสริม และใช้ แบบฝึกปฏิบัติการอ่านตีความ [21] และเป็นวิธีการสนับสนุน วิชาการให้นักเรียนในหลักสูตรวิศวกรรมที่มีความยาก ได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การตีความโจทย์และสื่อสาร ข้อมูลออกมาเป็นภาพ [22]

8.2 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนซ่อมเสริม

ปรากฏว่า กลุ่มเป้าหมายจำนวน 5 คน มีความพึงพอใจต่อ การสอนซ่อมเสริม ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.6$, S.D.=0.54) สอดคล้องกับงานวิจัยของ S. Suthivaranngul [23] ซึ่งพัฒนา แบบฝึกวิเคราะห์การแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษา ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแบบฝึกสำหรับการสอน ซ่อมเสริมอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับ A. Kemppainen, et al. [24] ได้จัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานระหว่าง

ผู้ช่วยสอน (Teaching Assistant; TA) กับการเรียนการสอนเสริม (Supplemental Instruction; SI) ให้กับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมชั้นปีที่ 1 ของ Michigan Technological University และงานวิจัยของ P. -H. Chang, et al. [25] พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนซ่อมเสริม (Remedial teaching) มีประสิทธิภาพของการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ผลการวิจัยของ P. Chang, et al. [25] ชี้ให้เห็นว่าการสอนซ่อมเสริมมีความสัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

9. ปัญหาและข้อเสนอแนะ

9.1 การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้ มุ่งหาคำตอบของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนหรือกลุ่มย่อยขนาดเล็กของผู้วิจัยเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ขณะวิจัยได้ เช่น การขาดเรียน การไม่ทำแบบฝึกปฏิบัติบางข้อ เป็นต้น วิธีแก้ไขในครั้งต่อไปที่สามารถกระทำได้ คือ ทำการทดสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้เกิดความจำและทักษะที่พึงประสงค์

9.2 ควรเข้มงวดในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มเป้าหมาย การจดบันทึก และอภิปรายหลังการสอนแต่ละสัปดาห์ของคณะผู้วิจัยให้ละเอียด และตรวจสอบการบ้านหรืองานที่มอบหมายทุกครั้ง เพื่อให้ทราบถึงพื้นฐานและปัญหาการเรียนไม่ทันเพื่อนอันเนื่องมาจากพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

9.3 ควรมีการทดลองใช้เครื่องมือหรือนวัตกรรมที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อให้ทราบจุดบกพร่องของแบบทดสอบและแบบฝึกปฏิบัติ ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

9.4 เพื่อความรวดเร็วของการนำเสนอรายงานวิจัย สำหรับใช้เป็นข้อมูลสำหรับคณะผู้สอน สามารถเขียนรายงานการวิจัยแบบแผ่นเดียว (ไม่เป็นทางการ) โดยระบุปัญหา เครื่องมือ วิธีการแก้ไข และผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียนได้

9.5 พัฒนาแบบฝึกทักษะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและตรงกับประเด็นของปัญหาที่พบ ตลอดจนเอกสารประกอบการสอนซ่อมเสริมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนใช้ทบทวนได้ตลอดเวลาในทุกสถานที่และควรมีทดสอบคุณภาพเครื่องมือเพื่อมีประสิทธิภาพสูงสุด

9.6 การสอนซ่อมเสริมในงานวิจัยครั้งต่อไป สามารถกระทำได้โดยใช้สื่อเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องหรือปัญหาที่พบเพื่อแก้ไขให้ตรงจุดประสงค์

9.7 ปรับปรุงรูปแบบการสอน วิธีการสอนซ่อมเสริมและเอกสารประกอบการสอนซ่อมเสริม เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และพัฒนาทักษะต่าง ๆ ของนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ควรมีการแนะนำเนื้อหาสาระให้นักเรียน ปวช. ก่อนมอบหมายให้ศึกษาด้วยตนเอง วิธีการสอนของครูนั้นควรผสมผสานการสอนแบบพี่เลี้ยงควบคู่กับการใช้เอกสาร เพื่อนำทางและเสริมกำลังใจให้นักเรียนทำแบบฝึกปฏิบัติได้อย่างถูกต้องด้วยตนเอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] *Diploma Vocational Curriculum B.E. 2562, Industrial Discipline, Electrical Power Technician Program*, Office of the Vocational Education Commission, Ed., Ministry of Education, Thailand, 2019. (In thai)
- [2] S. Khamjan, "Comparison of academic achievement and problem solving the electrical circuit of students in of first year vocational courses electrical power, Between the event focuses on process skills and problem-based learning," *RMUTI Journal Humanities and Social Sciences*, Vol. 1, no. 1, 2014. (In thai)
- [3] W. Wattanasinthu and Yuphee Aabsuwan, "The development of augmented reality learning media on basic electrical circuits," *Journal of Research and Innovation in Vocational Education*, vol. 6, no. 2, 2022. (In thai)
- [4] Patcharaporn Khansombat, "Supplymentary learning media by augmented reality for the connection of circuits and electronic devices on protoboards", A thesis of the Industrial Education Master's Degree Program in Electronics, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2018. (In thai)

- [5] S. Amornpun, "Supplementary learning media by augmented reality on symbols and electronic diagram drawing," Master of science in industrial education in electronic faculty of industrial education and technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2018. (In thai)
- [6] S. Phuaknuy, "The development of learning achievement on calculus 1 for engineers with fundamental mathematics support teaching", Master of Science in Industrial Education. Master's Degree Program in Industrial Education, Major in Innovation and Educational Technology, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 2013. (In thai)
- [7] I. Dekker, M. Luberti and J. Stam, "Effects of supplemental instruction on grades, mental well-being, and belonging: A field experiment," *ScienceDirect: Learning and instruction*, vol. 87, October 2023.
- [8] P. Nuangchalem, *Action research in teaching and learning, Faculty of Education, Mahasarakham University Ed.*, Khon Kaen : Klang Nana Wittaya Printing House, 2018. (In thai)
- [9] S. Wongwanich. *Classroom Action Research*. Bangkok: Chulalongkorn University Press, pp. 7-30, 2017. (In thai)
- [10] W. Wongyai and M. Pattapol, "Classroom action research driving routine work towards sufficiency and sustainability," [Online]. http://www.curriculumandlearning.com/upload/Books/รวมเล่ม%20การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน_1550216021.pdf . (Accessed: Dec. 15, 2023). (In thai)
- [11] W. Ketsingh, *Practical Research Guide*. Bangkok: Textbook and Digital Printing Center, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2023. (In thai)
- [12] C. Suthirat, *Remedial teaching: Fulfilling learners' potential*, Bangkok: V Print (1991) Company Limited, 2014. (In thai)
- [13] C. Promwong, et al., *Media system for teaching (Reprint)*. Bangkok: Faculty of Education, Chulalongkorn University, 1977. (In thai)
- [14] T. Na Nakorn and S. Insathard, *The use of instructional media*. Bangkok: Ramkhamhaeng University, 2015. (In thai)
- [15] Y. Chuaynugool, "Remedial activities for basic mathematical concepts using problem solving for vocational certificate students, Trang Technical College," Master of Education (Curriculum and Instruction), Sukhothai Thammathirat Open University, 2001. (In thai)
- [16] C. Theeratchakul, "The Effects of Remedial Teaching on the Industrial Mechanics Science Topic of Linear and Projectile Movements with the Use of Calculative Thinking Skills Training Package for Vocational Certificate of Phatthalung Technical College," Master of Education (Curriculum and Instruction), Sukhothai Thammathirat Open University, 2005. (In thai)

- [17] K. Thipyotha, "Improvement of learning achievement by remedial teaching and using of specific exercises on mathematical problem solving affecting instructional course of Engineering Mechanics: A case study of electrical engineering students affecting learning of engineering mechanics," (Research report), Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, 2020. (In thai)
- [18] P. Hortrakul, et al., "A Better Way to Assess Learning Process in Anesthesia," *The Journal of Chulabhorn Royal Academy*, vol. 4, no. 3, pp. 95-102, 2024.
- [19] S. Boriboonsub, C. Chianchana and S. Jannim, "The Study of Learning Achievement and Teamwork Skills of MTTS Electronics Students through Student Teams Achievement Division and Conventional Learning Management" , *The 5th National and International Conference, Rasit University, Thailand*, 1 May 2020.
- [20] S. Sindhapanon, *Innovation in Teaching and Learning to Develop the Quality of Youth*. Bangkok: 9119 Technique Printing Limited Partnership, 2010. (In thai)
- [21] T. Na-Sommatruk, et al., "Analysis of mathematical misconception on linear equation in one variable in matayomsueksa 1 students," *Buriram Rajabhat University Academic Journal*, vol. 4, no. 1, 2012. (In thai)
- [22] E. D. Markus, "Supplemental Instruction for Improving Students Formative Assessments in High Risk Engineering Modules," *International Conference on Power Electronics, Control and Automation (ICPECA)*, New Delhi, India, 2019, pp. 1-5.
- [23] S. Suthivaranngul, "Development of Remedial Teaching Model Based on Polya's Concept for the Subject 23101 Basic Science of Matayomsuksa 3 Thachano School Surat Thani" , *Suratthani Rajabhat Journal*, vol. 2, no. 1, 2015. (In thai)
- [24] A. Kemppainen, A. Hamlin and N. Manser, "Supplemental Instruction in a First-Year Engineering Course: A study from the Learning with Academic Partners (LEAP) Program", *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, San Jose, CA, USA, 2018, pp. 1-6.
- [25] P. -H. Chang, et al., "The Learning Effectiveness for Worked-Example and Problem-Solving Pairing Combination in Electronics Remedial Teaching and the Impact on It by Cognitive Load" , *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, Takamatsu, Japan, 2020, pp. 23-30.