

การพัฒนาชุดการทดลองการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก

วิซุตา สุขนัย และ รัชนีวรรณ ศิริ*

สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 15 ถนนกาญจนวนิชย์ ตำบลคอหงส์
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

*อีเมลของผู้ประพันธ์บทความ: ratchaneewan.s@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดการทดลองการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดการทดลองพร้อมกับคู่มือการทดลอง วิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยค่าทางสถิติการทดสอบค่าที และวัดความก้าวหน้าทางการเรียนด้วย Normalized gain ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ศึกษาการอัดประจุโดยไม่ผ่านตัวต้านทานและศึกษาการคายประจุผ่านตัวต้านทาน คุณภาพของชุดการทดลองพิจารณาจากเวลาที่เวลาจากการศึกษาการอัดประจุและการคายประจุในกรณี ตัวเก็บประจุไฟฟ้า 50,100 และ 200 ไมโครฟารัด มีค่ามีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองโดยวิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การวิเคราะห์ด้วยค่า Normalized gain พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง $\langle g \rangle = 0.30$

คำสำคัญ: การอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า, วิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐาน, การเรียนรู้เชิงรุก, ทดสอบค่าที, ความก้าวหน้าทางการเรียน

Development of a Capacitor Charging and Discharging Experimental Kit and Investigation of Students' Learning Achievement and Learning Gains through Team-Based Learning and Active Learning

Vitchuda Suknui and Ratchaneewan Siri*

Division of Physical Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, 15 Kanjanavanich Road, Kho Hong, Hatyai, Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author's e-mail: ratchaneewan.s@psu.ac.th

Abstract

This research aims to develop an experimental kit for capacitor charge and discharge, to assess achievement test scores, to evaluate the study progress of students involved in this study. Study subjects (n=42) were grade 11th students of Science Classrooms in University-Affiliated School Project from PSU Wittayanusorn School. The instruments are experimental kit with manual instruction, teaching strategy using team-based learning and active learning method, and achievement test. Statistical analysis of achievement test scores was performed using the student's t-test with normalized gain $\langle g \rangle$. The results found that the developed experimental kit can be used to study charge without a resistor and discharge through a resistor. Quality of the experimental kit is considered the time constant from capacitors charge and discharge of 50, 100 and 200 μF which percentage error less than 5%. The designed and developed experimental kit can be used effectively in teaching. Students who used the experimental kit with the team-based learning and active learning method. Post-test scores of the achievement test were significantly higher than pre-test scores ($P < 0.05$), the statistical value after analysis using normalized gain revealed that the students showed an increasing level of study progress at a medium level $\langle g \rangle = 0.30$.

Keywords: Charge and Discharge on Capacitor, Team-based Learning, Active Learning, t-test, Normalized Gain

บทนำ

โครงการสนับสนุนการจัดตั้งห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัยเป็นโครงการจัดตั้งห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นผู้กำกับดูแลการดำเนินการ การบริหาร จัดการ หลักสูตรการเรียนการสอนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ โดยมีการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาบรรยายและปฏิบัติการฟิสิกส์ ซึ่งวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์เป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการเรียนของนักเรียนในรายวิชาปฏิบัติการจะต้องมีเครื่องมือให้นักเรียนได้ฝึกประกอบกรเรียนเพื่อทำความเข้าใจในการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับนักเรียนมีเนื้อหาเรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า หัวข้อนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนเรื่องการอัดและคายประจุ เพราะเป็นพื้นฐานในการเข้าใจวิธีการทำงานของวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนขอ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) มีบทบาทสำคัญในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายประเภท เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้คิดออกแบบและสร้างชุดการทดลองปฏิบัติการฟิสิกส์ เรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพื่อเป็นการพัฒนาการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ และชีวิตประจำวันได้ เมื่อทำการพัฒนาและออกแบบสร้างชุดการทดลองขึ้นมา ผู้วิจัยทำการทดสอบคุณภาพชุดการทดลอง โดยการนำชุดการทดลองไปใช้ทดลองศึกษาการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า เก็บข้อมูลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง หาค่าคงที่ของเวลา และเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณจากสมการ $\tau = RC$

ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการสอนที่หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจวิธีสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก เนื่องจากเป็นวิธีการสอนที่ช่วยเพิ่มทักษะการแก้ปัญหา พัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในห้องเรียน และ Active ในการเรียน สอดคล้องกับ ศุภภาพิชญ์ โพน โบรมันน์ และคณะ (2565) ศึกษาผลการเรียนรายวิชาพยาบาลจิตเวช 2 โดยใช้ทีมเป็นฐานต่อทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ญาณการแก้ปัญหาและทัศนคติในการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ญาณการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นและทัศนคติต่อการเรียนดีขึ้น กลุ่มตัวอย่างรู้สึกประทับใจในการเรียนโดยใช้ทีมเป็นฐาน ดังนั้น ครูควรประยุกต์ใช้การเรียนโดยใช้ทีมเป็นฐานในรายวิชาต่างๆ เพื่อพัฒนาทักษะที่พึงประสงค์ของนักศึกษาได้ดียิ่งขึ้น การเรียนรู้เชิงรุก เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างสรรคทางปัญญา (Constructivism) ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผู้สอนเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวก ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ (วารินทร์พรม พันเพ็ญ, 2562) ผู้วิจัยเห็นว่าการนำวิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก มาใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้ากับนักเรียน ในการจัดการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันที่ต้องเน้นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียนเน้นการมีส่วนร่วมในการเรียน เป็นแนวทางหนึ่งที่จะพัฒนาคุณภาพผู้เรียน และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ตอบสนองเจตนารมณ์ตามหลักสูตรทั้งยังเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป ส่งผลให้นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอย่างมีความสุขได้ในอนาคต

ผู้วิจัยนำชุดการทดลองที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ไปใช้ในการเรียนการสอนโดยวิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก ในการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการพื้นฐานฟิสิกส์ของนักเรียนโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษา ได้แก่ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดการทดลองปฏิบัติการเรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยค่าทางสถิติการทดสอบค่าที
3. เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยค่า Normalized gain

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

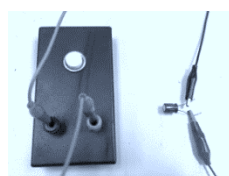
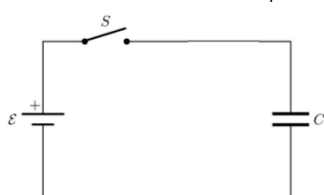
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ จำนวน 42 คน โดยใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่าง (Total Population Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

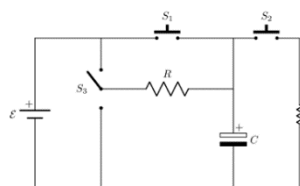
1. เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอน

1.1 ชุดการทดลองการอัดและคายประจุ

ชุดการทดลองเรื่องการอัดและคายประจุ ออกแบบโดยการพิจารณาให้ครอบคลุมทุกจุดประสงค์ของเนื้อหา หลักสูตรเท่าที่จะเป็นไปได้ และคำนึงถึงการนำอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการมาประยุกต์ใช้งาน โดยมีขั้นตอนคือ ศึกษาหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชาของปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน ตรวจสอบรายการวัสดุในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาประยุกต์ในชุดการทดลอง ออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลอง ทดสอบและเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น จัดซื้อวัสดุที่จำเป็นในการสร้างชุดทดลอง สร้างชุดทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง กำหนดและออกแบบรายงานปฏิบัติการ โดยชุดการทดลองการอัดและคายประจุไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น เป็นการนำตัวเก็บประจุไฟฟ้าตัวต้านทาน และแหล่งจ่ายไฟฟ้ามาต่อเป็นวงจร ดังภาพที่ 1(ข) สวิตช์ S_1 และ S_2 เป็นสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ ส่วนสวิตช์ S_3 เป็นสวิตช์คันโยก สวิตช์ S_1 ใช้สำหรับการอัดประจุแบบทันทีทันใดโดยไม่ผ่านตัวต้านทาน สวิตช์ S_2 ใช้สำหรับการคายประจุแบบทันทีทันใดผ่านตัวต้านทานค่าน้อย ๆ การอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุไฟฟ้า เริ่มจากการสับสวิตช์ S_3 ขึ้น แล้วนำมัลติมิเตอร์มาวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน จากนั้นจึงกดสวิตช์ S_2 เพื่อคายประจุออกจนหมด แล้วจึงปล่อยพร้อมกับเริ่มจับเวลา สำหรับการคายประจุสับสวิตช์ S_3 ลง โดยที่มัลติมิเตอร์ยังคงคร่อมอยู่บนตัวต้านทาน จากนั้นจึงกดสวิตช์ S_1 เพื่ออัดประจุแบบรวดเร็วจนเต็มแล้วปล่อยพร้อมกับเริ่มจับเวลา



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 (ก) วงจรการอัดและคายประจุแบบเดิม (ข) วงจรการอัดและคายประจุที่พัฒนาขึ้นใหม่

1.2 เอกสารประกอบการเรียนการสอน

เอกสารประกอบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนปฏิบัติการพื้นฐานฟิสิกส์ของนักเรียนโครงการ วมว. เรื่องการอัดและคายประจุ โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

- วัตถุประสงค์ของการทดลอง
- ตัวเก็บประจุ
- การอัดประจุ
- การคายประจุ
- การทดลอง
- วิธีการทดลอง
- ตัวอย่างของผลการทดลองจำนวน 2 ตอน

1.3 วิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก แสดงดังตารางที่ 1 การจัดการเรียนการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก

ตารางที่ 1 วิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

กระบวนการเรียนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนเตรียมความพร้อม 1. ก่อนเรียน (นอกห้องเรียน) 2. ทดสอบความรู้พื้นฐานรายบุคคล (15 นาที) 3. ทดสอบความพร้อมเป็นทีม (ก่อนทำปฏิบัติการ)	- ผู้สอนอัปโหลดเอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการ เรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้าใน google classroom - ผู้สอนเตรียมแบบทดสอบความรู้รายบุคคล - ผู้สอนจัดกลุ่มให้นักเรียน - ผู้สอนให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดและแลกเปลี่ยนความรู้เพื่อเขียนแผนการทดลองปฏิบัติการ โดยมีผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	- นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองผ่าน google classroom โดยอิสระ - นักเรียนทำแบบทดสอบ - นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้พิจารณาและตัดสินใจเขียนแผนการทดลอง
ขั้นประยุกต์ใช้ (ระหว่างทำปฏิบัติการ)	- ผู้สอนให้นักเรียนเริ่มทำปฏิบัติการ พร้อมทั้งแนะนำสาธิต วิธีการใช้งานเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ - ผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการทดลอง	- นักเรียนวางแผนการทดลองและเริ่มทำการทดลองรายกลุ่ม - นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง โดยเขียนกราฟ ด้วย Microsoft Excel และเขียนรายงานผลการทดลอง
ขั้นการประเมินผล 1. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง		

กระบวนการเรียนการสอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทนักเรียน
(หลังทำปฏิบัติการ)	- ผู้สอนให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดสรุป และอภิปรายผลการทดลอง โดยมีผู้สอนคอยให้คำแนะนำ	- นักเรียนร่วมกันระดมความคิดและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สรุปและอภิปรายผลการทดลอง
2. ทดสอบความรู้หลังเรียนรายบุคคล (15 นาที)	- ผู้สอนเตรียมแบบทดสอบความรู้รายบุคคล	- นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทดสอบก่อนเรียน ดำเนินการเรียนการสอนปฏิบัติการ ทดสอบหลังเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าทางสถิติ การทดสอบค่าที การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการทดสอบคุณภาพชุดการทดลอง โดยการนำชุดการทดลองไปใช้ทดลองปฏิบัติการการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า เก็บข้อมูลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง หาค่าคงที่ของเวลา และเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณจากสมการ $\tau = RC$ วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติในงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษา โดยคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ด้วยค่าทางสถิติการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยค่า Normalized gain

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที

การทดสอบค่าที เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกับประชากร หรือเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่อาจมีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกันได้ ซึ่งสถิติ t-test ที่ใช้ในงานวิจัย มี 3 แบบ คือ One Sample t-test ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่น้อยกว่า 30 คน ส่วนใหญ่ใช้กับงานวิจัยสายวิทยาศาสตร์ t-test Independent ใช้กับงานวิจัยเชิงปริมาณที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน และ Paired Sample t-test ใช้กับงานวิจัยเชิงทดลอง ส่วนใหญ่ใช้ในงานวิจัยของครู ที่ต้องทำการทดลองผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ว่ามีผลคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ในงานวิจัยผู้วิจัยใช้สถิติ t-test แบบ Paired Sample ซึ่งมีวิธีการคำนวณตามสมการ (รัชนิวรรณ ศิริ และ วิชชุดา สุขนัย, 2567)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{n - 1}}}, \quad df = n - 1 \quad (1)$$

เมื่อ t คือ ค่าที่ใช้ในการพิจารณา t-distribution, D คือ คะแนนความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่, n คือ จำนวนคู่ของคะแนนจากการทดสอบก่อนและหลังเรียน, df คือ ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)

2. การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain

Hake (1998) นักฟิสิกส์จาก University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนรู้จากการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) โดยคำนึงถึง floor and ceiling effect (โอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0 เปอร์เซ็นต์และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์) เรียกว่า Normalized gain โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual Gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum Possible Gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{(\%post - test) - (\%pre - test)}{100 - (\%pre - test)} \quad (2)$$

เมื่อ $\langle g \rangle$ คือ Normalized gain, (%post-test) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์, (%pre-test) คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ (กิตติยา ประวัง และ กริธา แก้วคง, 2563)

การแปลความหมาย Normalized gain แบ่งได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

ระดับสูง (High Gain)	ผลการเรียนเพิ่มขึ้นในช่วง	$0.7 \leq \langle g \rangle < 1.0$
ระดับปานกลาง (Medium Gain)	ผลการเรียนเพิ่มขึ้นในช่วง	$0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$
ระดับต่ำ (Low Gain)	ผลการเรียนเพิ่มขึ้นในช่วง	$0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

ผลการวิจัย

คุณภาพของชุดการทดลอง

ทดสอบคุณภาพชุดการทดลอง จากการศึกษาการอัดและคายประจุโดยใช้วงจรดังภาพที่ 1(ข) ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไลต์ซึ่งมีขั้ว พิจารณาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบค่าคงที่เวลา (τ) ที่คำนวณได้จากการทดลองด้วยชุดการทดลองกับค่าจากการคำนวณ แสดดังตารางที่ 2 ค่าจากการคำนวณหาจากสมการ $\tau = RC$ ซึ่ง R คือ ค่าความต้านทานรวม คำนวณจากค่าความต้านทานในวงจรต่อขนานกับความต้านทานภายในมัลติมิเตอร์ ซึ่งความต้านทานในวงจรวัดโดยใช้มัลติมิเตอร์ดิจิตอล การเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบคุณภาพชุดการทดลอง เก็บข้อมูลจากการบันทึกผลการทดลองจำนวน 2 ตอน

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากชุดทดลองเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณ

การทดลอง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าจากการคำนวณ	%error
ตอนที่ 1 ค่าคงที่เวลา (τ) ศึกษาการอัดประจุ			
C=50 μF	9.632 s	9.945 s	3.1
C=100 μF	20.254 s	19.890 s	1.8
C=200 μF	39.699 s	39.780 s	0.2
ตอนที่ 2 ค่าคงที่เวลา (τ) ศึกษาการคายประจุ			
C=50 μF	9.920 s	9.945 s	0.3
C=100 μF	19.340 s	19.890 s	2.8
C=200 μF	39.331 s	39.780 s	1.1

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที

ผู้วิจัยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวัดผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยค่าทางสถิติ t-test แบบ Paired Sample t-test แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดการทดลอง

คะแนนแบบทดสอบ	n	mean	S.D.	t	df	Sig
ก่อนเรียน	42	5.29	2.03	5.83	41	0.00*
หลังเรียน	42	6.69	1.34			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 คะแนนสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 5.29 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 6.69 ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 5.83 ซึ่งมากกว่า ค่า t จากตารางการแจกแจง t ($df = 41$, $t_{ตาราง} = 1.67$) เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ชุดการเรียนการสอน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน

ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทำการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ค่าทางสถิติ Normalized gain วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแบบแต่ละชั้น (Class Normalized Gain) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน

%Pre-test	%Post-test	Actual gain	Maximum possible gain	Normalized gain
52.86	66.90	14.04	47.14	0.30

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้พัฒนาชุดการทดลองเรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า และจัดการเรียนการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต มอ. วิทยานุสรณ์ ทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษา ได้แก่ ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วยค่า t-test การคำนวณความก้าวหน้าทางการเรียนด้วย Normalized gain

งานวิจัยนี้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยค่าทางสถิติ t-test ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งคะแนนก่อนเรียนในส่วน pre-test และคะแนนหลังเรียนในส่วน post-test ด้วย Paired Sample t-test พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 5.29 และ 6.69 ตามลำดับ โดยจะเห็นว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองและการจัดการเรียนการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปฏิบัติการการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งมีความสอดคล้องกับ ญญกร ดวงพระเกษ (2564) ที่ศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้ด้วยกันเป็นทีม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาวิชาพลศึกษา โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาสาขาวิชาพลศึกษาชั้นปีที่1 ที่เรียนโดยการเรียนรู้ด้วยกันเป็นทีมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 การนำการเรียนรู้แบบเชิงรุกมาใช้ในการเรียนปฏิบัติการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ทำให้นักเรียนมี

คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้แบบเชิงรุก เป็นวิธีการเรียนที่ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีการคิดแก้ปัญหา วิเคราะห์ สังเคราะห์ มีความสอดคล้อง วารินทร์พรม พันเพ็ญ (2562) ได้สรุปไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ Active Learning มีข้อดี เป็นวิธีสอนที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมในการทำงานกลุ่ม ถูกกระตุ้นให้กระตือรือร้น เกิดการชอบเรียนต้องการเรียนรู้และต้องแสวงหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัย จุราภรณ์ ปฐมวงษ์ (2565) ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อส่งเสริมทักษะการพูดสนทนาภาษาอังกฤษ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก

งานวิจัยนี้ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยค่า Normalized gain จัดการเรียนการสอนใช้ทีมเป็นฐาน และการเรียนรู้เชิงรุก ใช้ชุดการทดลองการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้าในการเรียนปฏิบัติการฟิสิกส์เรื่องการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า พบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนเมื่อวิเคราะห์ด้วยค่าทางสถิติ Normalized gain มีความก้าวหน้าทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น ในระดับปานกลาง $\langle g \rangle = 0.30$ ซึ่งในงานวิจัย ปิยบุตร ทรัพย์สุคนธ์ และ ทศนี ปัญจานนท์ (2562) เรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคกลุ่มแข่งขัน เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าเทคนิคการจัดการเรียนรู้นี้เหมาะสมสำหรับนักเรียนจากห้องเรียนมีผลการเรียนเฉลี่ย “ปานกลาง” เนื่องจากไม่พบนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าวิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานหรือวิธีการสอนแต่ละวิธีเหมาะสมกับผู้เรียนไม่เหมือนกัน ซึ่งในห้องเรียนที่มีความแตกต่างด้านความรู้ ด้านการทำงานเป็นทีมของผู้เรียน และด้านการวางแผนการทำงาน ส่งผลทำให้ผู้สอนจัดการเรียนการสอนได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งควรมีการปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าสู่กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ Active learning มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพของชุดการทดลองพิจารณา ค่าคงที่เวลาจากการศึกษาการอัดประจุในกรณี ตัวเก็บประจุไฟฟ้า 50,100 และ 200 ไมโครฟารัด มีค่ามีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3.1, 1.8 และ 0.2 ตามลำดับ และค่าคงที่เวลาจากการศึกษาการคายประจุในกรณี ตัวเก็บประจุไฟฟ้า 50,100 และ 200 ไมโครฟารัด มีค่ามีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.3, 2.8 และ 1.1 ตามลำดับ วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน อาจารย์ผู้สอนมีความเห็นตรงกัน คือ ชุดการทดลองการอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้าสามารถใช้ในการเรียนการสอนได้

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยค่าทางสถิติการทดสอบค่าที และความก้าวหน้าทางการเรียนด้วย Normalized gain ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองด้วยวิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การวิเคราะห์ด้วยค่า Normalized gain พบว่าหลังเรียนผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง $\langle g \rangle = 0.30$

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

วิธีการสอนใช้ทีมเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงรุก ผู้สอนจำเป็นต้องมีประสบการณ์ในการตั้งคำถามให้นักเรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสืบเสาะและค้นหาคำตอบเพิ่มเติม

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่คาดว่าจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์และความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มเติม เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผศ.ดร.กฤษดา รวิวิธวัฒนา ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และคอยสนับสนุนในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กิตติยา ประวัง และ กริษา แก้วคง. (2563). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ผ่านการวิเคราะห์แทรกเกอร์วิดีโอเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนคติเกี่ยวกับกราฟการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 43(1), 69-83.
- จุราภรณ์ ปฐมวงษ์. (2565). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อส่งเสริมทักษะการพูดสนทนาภาษาอังกฤษ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Modern Learning Development*, 7(4), 143-159.
- ณญกร ดวงพระเกษ. (2564). การจัดการเรียนรู้ด้วยกันเป็นทีม (Team-based Learning) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา สาขาวิชาพลศึกษา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, 11(1), 94-103.
- ปิยบุตร ทรัพย์สุคนธ์ และ ทศนี ปัญจานนท์. (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคกลุ่มแข่งขัน เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2562* (หน้า 727-737). สืบค้นจาก <https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/nation2019/NA19-130.pdf>
- รัชนิวรรร ศิริ และ วิชชุดา สุขนัย. (2567). การพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก ใช้วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง สำหรับโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. *วารสารวิชาการ ปชมท*, 13(2), 132-142.
- วารินท์พรหม ฟันเฟื่องฟู. (2562). การจัดการเรียนรู้ Active Learning ให้สำเร็จ. *วารสารอไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 9(1), 135-145.
- ศุภาพิชญ์ โพน โบร์แมนน์, ศักดา ขำคม, สิริกร ขาวบุญมาศิริ, ปิยอร วจนะทินภัทร และ รัชดาภรณ์ ใจอ้าย. (2565). ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทีมเป็นฐานต่อทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ญาณ การแก้ปัญหา และทัศนคติในการเรียนของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 2. *วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข*, 32(2), 22-35.