

การพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก  
ใช้วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง สำหรับโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน  
โดยการกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
Development of Study Bundles for a Laboratory Course on Capacitance  
and Dielectric Material Using Self Study Method for Science Classroom of  
Faculty of Science, Prince of Songkla University-Affiliated School Project

รัชนิวรรณ สิริ<sup>1\*</sup> และวิชชุดา สุขนัย<sup>1</sup>  
Ratchaneewan Siri<sup>1\*</sup> and Vitchuda Suknu<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก ศึกษาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (โครงการ รวม.) โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ จำนวน 54 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ชุดการทดลอง วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายงานปฏิบัติการ หาประสิทธิภาพของชุดการทดลองด้วย  $E_1/E_2$  ( $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยค่าทางสถิติการทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก มีค่าเท่ากับ 70.29/76.20 และนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้การสอนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**คำสำคัญ:** ประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอน วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง การทดสอบค่าที

### Abstract

This study aimed to develop the study bundles help in capacitance and dielectric learning for a laboratory course, to determine an efficiency of the bundles, and to assess achievement test scores of students involved in the study. Study subjects ( $n=54$ ) were grade 11<sup>th</sup> students of Science Classrooms in University-Affiliated School Project from PSU Wittayanusorn School. Materials and methods included in this study were an experimental kit, self-learning media, achievement test, and experimental report. The efficiency of the study bundles was calculated by  $E_1/E_2$ , where  $E_1$  is an efficiency of processes, and  $E_2$  is an efficiency of products. Statistical analysis of achievement test scores was performed using student's t-test. The study demonstrated that the efficiency of the study bundles of capacitance and dielectric material was 70.29/76.20. Post-test scores of the achievement test were significantly higher than pre-test scores ( $P < 0.05$ ).

**Keywords:** efficiency of study bundles, self study method, t-test

### บทนำ

วิชาฟิสิกส์ถือเป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ จะต้องใช้หลักการและความคิดในวิชาฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ ทำให้สาขาฟิสิกส์เป็นสาขาที่ต้องเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเพื่อให้

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

<sup>1</sup> Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

\*Corresponding author: e-mail: Ratchaneewan.s@psu.ac.th

Received: July 26, 2023, Accepted: September 20, 2023, Published: April 20, 2024



เรียนสาขาอื่นได้อย่างดี ยิ่งไปกว่านั้นฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ นักฟิสิกส์สังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติและพยายามหารูปแบบและหลักการที่เชื่อมโยงปรากฏการณ์เหล่านี้ เราเรียกูปแบบเหล่านี้ว่า ทฤษฎีฟิสิกส์หรือกฎหรือหลักการฟิสิกส์ เมื่อเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างกว้างขวาง การพัฒนาทฤษฎีฟิสิกส์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ทุกขั้นตอน นักฟิสิกส์ ต้องเรียนรู้ที่จะถามคำถามที่เหมาะสมและออกแบบการทดลองเพื่อพยายามหาคำตอบนั้น และหาข้อสรุปที่เหมาะสมจากการทดลอง (ณัฐธิดา, 2557)

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์จึงควรใช้วิธีที่หลากหลายผสมผสานกันไป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) กิจกรรมการทดลองก็นับว่าเป็นวิธีการที่สำคัญมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีการปฏิบัติการทดลอง ควบคู่กันไปกับการเรียนทฤษฎีและหลักการเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการรวมถึงทักษะการปฏิบัติการทางฟิสิกส์ การใช้ชุดการทดลองถือเป็นตัวเลือกหนึ่งในการเพิ่มผลการเรียนรู้ในการเรียนฟิสิกส์ การสร้างและพัฒนาชุดทดลองเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ 80/80 เป็นต้น ชุดทดลองยังมีบทบาทและประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาการเรียนรู้และใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งเสริมหรือถ่ายทอดไปยังผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นว่าผลการเรียนรู้ส่วนใหญ่จะสูงกว่าการสอนแบบปกติ (ศิวกร, 2563) การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ผลการศึกษาพบว่าชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 82.65/80.18 และนักเรียนมีผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่สูงกว่าระดับดี (พรรณรัตน์, 2548) ต่อมา อัษฎา (2552) ได้พัฒนาชุดทดลองสื่อประสมเรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตชนานสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ โดยนำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองสื่อประสมมีประสิทธิภาพ 90.67/90.11 และผู้เรียนมีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.01 และการศึกษาการพัฒนาชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ชุดการทดลองเรื่องทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย มีค่าประสิทธิภาพของกลุ่มตัวอย่างห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ 93/88 และกลุ่มตัวอย่างห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ 54/61 ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.5 (ศุภชัย, 2557)

สำหรับโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย เป็นโครงการพัฒนานักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากผู้มีความสามารถพิเศษให้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สร้างฐานกำลังคนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อรองรับการพัฒนาประเทศ โดยร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในการจัดหลักสูตรสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้นในโรงเรียนเครือข่ายหรือโรงเรียนในกำกับของมหาวิทยาลัย สำหรับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นศูนย์ในโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ซึ่งมีการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ของโรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะพัฒนาการเรียนการสอนและปรับปรุงปฏิบัติการฟิสิกส์ให้มีความทันสมัยและมีเนื้อหาที่หลากหลาย จึงได้พัฒนาชุดการเรียนการสอนเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก โดยมีแนวคิดสร้างตัวเก็บประจุซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมและคายประจุไฟฟ้า โดยมีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยตัวนำสองชิ้นวางขนานกันคั่นด้วยฉนวนที่เรียกว่า ไดอิเล็กทริก

การหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้า (capacitance) พื้นที่ของแผ่นตัวนำ และระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ Grove et al. (2004) มีการศึกษาการหาค่าไดอิเล็กทริกโดยใช้มัลติมิเตอร์ในการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยใช้วัสดุตัวนำ 3 ชนิด ได้แก่ แผ่นฟอยล์อลูมิเนียม และ อลูมิเนียมฟอยล์ วัสดุ ไดอิเล็กทริกเป็นแผ่นอะคริลิกบาง ทดลองโดยการเพิ่มความหนาของอะคริลิกบางจากการวางซ้อนเป็นชั้น ๆ จากผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากแผ่นตัวนำไม่เรียบและอากาศเข้าไปแทรกในชั้นระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริก การใช้แผ่นอะคริลิกที่มีความหนาต่างกันดีกว่าการนำแผ่นอะคริลิกบางหลายแผ่นวางซ้อนกัน Burt et al. (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเส้นแรงแสนามแม่เหล็ก (fringe field) ของตัวเก็บประจุบนแผ่นคู่ขนาน ทำการทดลองโดยการวัดความจุไฟฟ้าเมื่อระยะห่างระหว่างแผ่น

ตัวนำเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าอันเนื่องมาจากเส้นแรงสนามแม่เหล็ก ถ้าระยะห่างของแผ่นตัวนำมีค่าน้อยมากเส้นแรงสนามแม่เหล็กจะไม่มีผลต่อความจุไฟฟ้า การศึกษาการวัดค่าไดอิเล็กทริกของวัสดุโดยใช้หลักการสายส่งสัญญาณ โดยวัสดุที่นำมาใช้ คือ แผ่นยาง แผ่นอะคริลิก แผ่นกระจก แผ่นไม้ และแผ่น Fr-4 ทำการทดลองที่ความถี่ 10.64 GHz ผลการทดลองพบว่า ค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงและใกล้เคียงกับค่าจริงในการคำนวณ แต่ในการพัฒนาออกแบบอุปกรณ์สื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ สามารถเพิ่มช่วงความถี่ในการทดลองตั้งแต่ 8-12 GHz (คนาร และคณะ, 2559) ต่อมา กิตติพิศ และ จิตรา (2562) ได้ศึกษาค่าคงที่ไดอิเล็กทริกโดยใช้ตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนานด้วยวิธีการอย่างง่าย โดยใช้วัสดุตัวนำเป็นอลูมิเนียมแบบสี่เหลี่ยมและวงกลม วัสดุไดอิเล็กทริกเป็นกระดาษที่มีความหนาต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงของค่าไดอิเล็กทริกของกระดาษจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ และค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อความหนาของกระดาษเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี

ในการเรียนปฏิบัติการเรื่อง ความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก ทางผู้วิจัยมีความต้องการให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับความจุกับระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ การหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริก และค่าความจุกับพื้นที่ของแผ่นตัวนำ จึงได้ออกแบบและสร้างชุดการทดลองโดยคำนึงถึงการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและนำอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทำการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดการทดลอง โดยเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากชุดการทดลองกับค่าที่คำนวณได้เมื่อใช้ข้อมูลที่วัดจากเครื่อง LCR Meter นำชุดการเรียนรู้การสอนซึ่งประกอบด้วยเอกสารประกอบการเรียนการสอนและชุดการทดลองไปใช้สอนด้วยวิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง ในการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการพื้นฐานฟิสิกส์ของนักเรียนโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ รวม.) โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนตลอดจนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนรายวิชาปฏิบัติการเรื่อง ความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริกด้วย  $E_1/E_2$
3. เพื่อศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยค่าทางสถิติการทดสอบค่าที (t-test)

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ รวม.) โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ จำนวน 54 คน ใช้เวลาในการทำวิจัย 6 เดือน

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

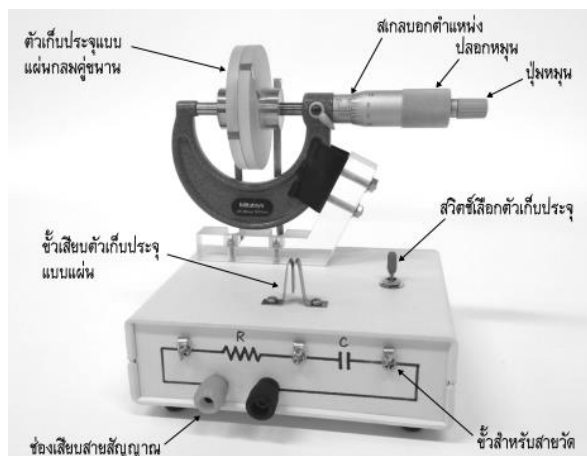
##### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอน

###### 1.1 ชุดการทดลองความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก

การออกแบบและสร้างชุดการทดลอง ชุดการทดลองเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก ออกแบบโดยการพิจารณาถึงการนำอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการมาประยุกต์ใช้งาน อย่างเช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ สวิตช์คันโยก และไมโครมิเตอร์ขนาด 25-50 mm วัสดุไดอิเล็กทริกที่ใช้ คือ แผ่นพลาสติกใส และแผ่นทองแดงขนาดต่าง ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความจุไฟฟ้า (C) ของตัวเก็บประจุ พื้นที่ของแผ่นตัวนำ (A) ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ (d) และค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (K) การออกแบบเบื้องต้นต้องคำนึงถึง ประสิทธิภาพในการทำงาน รูปร่าง น้ำหนักและการใช้งานอย่างง่าย เพื่อให้นักเรียน นักศึกษาสามารถใช้เครื่องมือด้วยตัวเอง มีขั้นตอนดังนี้

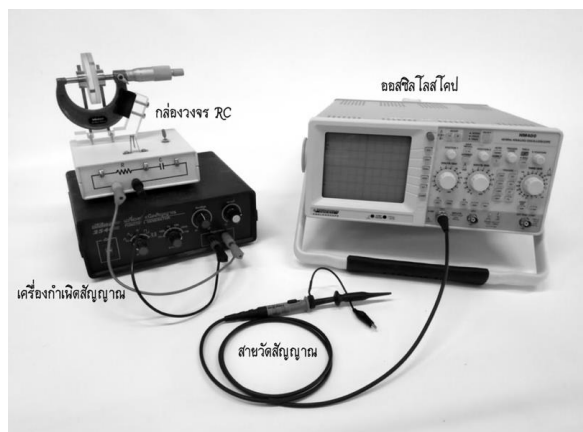
1. ศึกษาหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชาของปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน
2. ตรวจเช็คครุภัณฑ์วัสดุในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาประยุกต์ในชุดการทดลอง
3. ออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลอง ทดสอบและเก็บข้อมูลเบื้องต้น
4. จัดซื้อวัสดุที่จำเป็นในการสร้างชุดทดลอง
5. สร้างชุดทดลอง และทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง
6. กำหนดและออกแบบรายงานปฏิบัติการ

โดยชุดการทดลองเป็นกล่องวงจร RC และตัวเก็บประจุแบบแผ่นวงกลมคู่ขนานที่ปรับค่าได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กล่องวงจร RC และตัวเก็บประจุแบบแผ่นวงกลมคู่ขนานที่ปรับค่าได้

ผู้วิจัยได้นำชุดการทดลองใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการพื้นฐานฟิสิกส์ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน คือ ความจุที่กระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ การหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริก และค่าความจุกับพื้นที่ของแผ่นตัวนำ โดยมีอุปกรณ์การทดลองดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

### 1.2 เอกสารประกอบการเรียนการสอน

เอกสารประกอบการเรียนการสอนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนปฏิบัติการพื้นฐานฟิสิกส์ของนักเรียนโครงการ รวม. เรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก เป็นเอกสารที่รวบรวมข้อมูลความรู้ทางทฤษฎี ความรู้ทางปฏิบัติ และเป็นเอกสารที่กำหนดรายละเอียด ลำดับขั้นตอนการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ปฏิบัติการด้วยตนเอง

ขอบเขตของเนื้อหาประกอบด้วย ตัวเก็บประจุ ความจุไฟฟ้าของแผ่นตัวนำคู่ขนานในสุญญากาศ สารไดอิเล็กทริก และการหาค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ ขณะที่เอกสารการเรียนรู้การสอนประกอบด้วย ทฤษฎี และขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยมีวิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง (Self Study Method) แสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เวลา	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของนักเรียน
ก่อนเข้าเรียน	อัปโหลดเอกสารประกอบการเรียน	ศึกษาด้วยตนเอง
	การสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริกใน google classroom	นักเรียนสรุปทฤษฎีและเขียนแผน การทดลอง ก่อนเข้าทำปฏิบัติการ
กิจกรรมในห้องเรียน	ผู้สอนและนักเรียนจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการเป็นเวลา 3 ชั่วโมง	
	- นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน	
	- นักเรียนวางแผนการทดลองและเริ่มทำการทดลองโดยมีผู้สอนดูแล และให้คำแนะนำ	
หลังเรียน	- หลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้น นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลอง	
		นักเรียนทำแบบทดสอบ หลังเรียน

## 2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษารั้วนี้ ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และรายงานปฏิบัติการ

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน
2. ดำเนินการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการ
3. ทดสอบหลังเรียน
4. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าทางสถิติ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

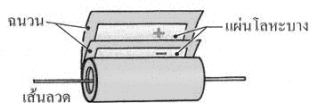
ผู้วิจัยวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองเทียบกับค่าจริง นำข้อมูลรายงานปฏิบัติการและคะแนนสอบหลังเรียน วิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดการทดลองด้วย  $E_1/E_2$  และคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ด้วยค่าทางสถิติการทดสอบที (t-test) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

#### ความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก

สารไดอิเล็กทริกเป็นฉนวนไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถทำให้มีขั้วไฟฟ้าได้โดยใช้สนามไฟฟ้า เมื่อไดอิเล็กทริกหนึ่งวางอยู่ในสนามไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านตัววัสดุเหมือนที่ผ่านตัวนำ เพียงแต่เคลื่อนที่เล็กน้อยหาตำแหน่งสมดุลเฉลี่ยของขั้วประจุบวกและประจุลบ ทำให้เกิดความเป็นขั้วไดอิเล็กทริก ซึ่งสารไดอิเล็กทริกแต่ละชนิดจะมีค่าคงที่แตกต่างและไม่เท่ากัน

คุณสมบัติของตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เก็บพลังงานประจุไฟฟ้าที่สร้างขึ้นระหว่างแผ่นคู่ตัวนำกับฉนวน ซึ่งประจุจะถูกถ่ายเทให้เท่ากันแต่ขั้วของประจุจะตรงกันข้าม อีกทั้งเป็นอุปกรณ์พื้นฐานในงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่เก็บประจุและคายประจุ ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ วงจรกรองกระแสไฟฟ้า (filter) การเชื่อมโยงระหว่างวงจร (coupling) วงจรกรองส่งผ่านความถี่ (bypass) วงจรเรียงกระแส (rectifier) และอื่นๆ (ภาพที่ 3)

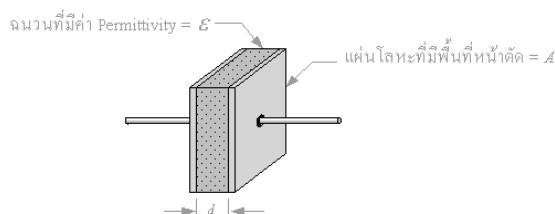


สัญลักษณ์ในวงจร

ภาพที่ 3 ตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจร (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2561)

ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ (C) จะมีค่าขึ้นอยู่กับรูปร่าง ขนาด และวัสดุที่นำมาคั่นระหว่างแผ่นตัวนำพื้นที่ (A) วางขนานกันในสุญญากาศ ซึ่งมีสภาพยอมของสุญญากาศ ( $\epsilon_0$ ) และห่างกันระยะ (d) สามารถหาค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุได้ตามสมการ

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



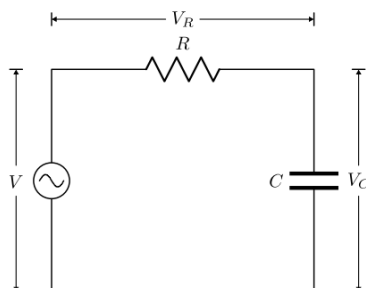
ภาพที่ 4 โครงสร้างแผ่นตัวนำกับฉนวน (ศุภานัน, 2558)

นอกจากนี้ความจุไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับฉนวนที่นำมาคั่นระหว่างตัวนำ ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุที่เป็นสารไดอิเล็กทริก ทำให้ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการคั่นด้วยสุญญากาศหรืออากาศ ความมากน้อยของค่าความจุที่เพิ่มขึ้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณที่เรียกว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (K) ของสารไดอิเล็กทริกที่ใช้ ดังนั้น ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุที่คั่นแผ่นตัวนำด้วยสารไดอิเล็กทริกจึงเขียนได้ตามสมการ

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$$

การหาค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ หาได้จากกรวัดความต่างศักย์ของวงจร (V) และความต่างศักย์ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ( $V_C$ ) ด้วยมัลติมิเตอร์ ในชุดการทดลองจะใช้วงจรอนุกรม RC (RC circuit) นำตัวต้านทาน R และตัวเก็บประจุ C มาต่ออนุกรมแล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (ภาพที่ 5) ความจุไฟฟ้าสามารถหาได้ตามสมการ

$$C = \frac{\sqrt{\left(\frac{V}{V_C}\right)^2 - 1}}{2\pi f R}$$



ภาพที่ 5 วงจรอนุกรม RC (ภุชดา, 2566)



### วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง (Self Study Method)

วิธีสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง เป็นวิธีสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้จากแหล่งวิชาด้วยตนเอง ได้แก่ การศึกษาจากหนังสือและการศึกษานอกสถานที่ การสอนวิธีนี้บางครั้งเรียกว่าวิธี Problem Solving หรือ Discovery Method

#### ความมุ่งหมายของวิธีสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง

1. เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ภายใต้การดูแลและการแนะนำของครู เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสแก้ปัญหาด้วยการแสดงความคิดเห็นในกลุ่มย่อย และหาข้อสรุป

ขั้นตอนของวิธีสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง

1. จัดกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ หรืออาจเป็นผู้เรียนคนเดียวศึกษาค้นคว้าตามลำพัง
2. ครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรืออภิปรายและให้คำแนะนำให้มีการร่วมมือกันในการวางแผนที่จะศึกษาค้นคว้าในเรื่องต่าง ๆ ดูแลและให้ความช่วยเหลือในการศึกษาของนักเรียนแต่ละคน จัดหาและเสนอแนะแหล่งความรู้ ได้แก่ วัสดุ หนังสือและสิ่งพิมพ์อื่น ๆ ที่นักเรียนต้องใช้ รวมทั้งอาจแนะนำให้หาความรู้ได้จากการสัมภาษณ์บุคคลภายนอกโรงเรียน
3. หลังการแสดงความคิดเห็นและปฏิบัติกิจกรรมที่เน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองแล้ว นักเรียนเขียนรายงานผลการวินิจฉัยปัญหา

#### ข้อดีของวิธีสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง

1. เป็นการสอนที่พัฒนาความงอกงามทางด้านสติปัญญา ส่งเสริมนิสัยในการวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจ การเลือกวิธีแก้ปัญหา
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักที่จะควบคุมการทำงานของตนเองได้
3. เสริมสร้างนิสัยรักการศึกษาค้นคว้า และความรับผิดชอบตนเอง
4. เป็นวิธีที่มุ่งเน้นที่ผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง มิใช่เรียนรู้จากการสอนของครู (ทิตนา, 2548)

#### การหาประสิทธิภาพของชุดการทดลองด้วย $E_1/E_2$

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน หมายถึง การหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน ไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ

**พฤติกรรมต่อเนื่อง** (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1$  = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า กระบวนการ (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

**พฤติกรรมสุดท้าย** (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_2$  = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) การประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินทั้งหมด นั่นคือ  $E_1/E_2$  = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจากสื่อชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ย 80% (ชัยยงค์, 2556) สำหรับการวิจัยเรื่องนี้ผู้วิจัยได้กำหนดประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  = 70/70

### การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

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 ที่ต้องการทดลองผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ว่ามีผลคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ในงานวิจัยผู้วิจัยใช้สถิติ t-test แบบ Paired Sample ซึ่งมีวิธีการคำนวณตามสมการ (ลัวัน และ อังคณา, 2538)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้ในการพิจารณา t-distribution

D แทน คะแนนความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของคะแนนจากการทดสอบก่อนและหลังเรียน

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

### ผลการวิจัย

#### ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดการทดลอง

เปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากชุดการทดลองกับค่าที่คำนวณได้เมื่อใช้ข้อมูลที่วัดจากเครื่อง LCR Meter การเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ เก็บข้อมูลจากการบันทึกผลการทดลองจำนวน 3 ตอน เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากชุดทดลองเปรียบเทียบกับค่าจริง (ตารางที่ 2) ดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1** ศึกษาผลของระยะห่าง d ที่มีต่อค่าความจุไฟฟ้า โดยใช้ตัวเก็บประจุแผ่นกลมบนไมโครมิเตอร์ เพื่อวิเคราะห์หาค่าสภาพยอมของสุญญากาศ

**ตอนที่ 2** การหาค่าไดอิเล็กทริกของแผ่นใส

**ตอนที่ 3** ศึกษาค่าความจุกับพื้นที่ของแผ่นตัวนำ เพื่อหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริก

**ตารางที่ 2** เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากชุดทดลองเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก  
เปรียบเทียบกับค่าจริง

การทดลอง	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าจริง	%error
ตอนที่ 1 สภาพยอมของสุญญากาศ ( $\epsilon_0$ )	$8.258 \times 10^{-12} \text{ F/m}$	$8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$	6.7
ตอนที่ 2 ค่าไดอิเล็กทริกของแผ่นพลาสติกใส (K)	2.661	2.600	2.3
ตอนที่ 3 ค่าไดอิเล็กทริกของแผ่นตัวนำ (K)	3.378	3.400	0.6

#### ประสิทธิภาพของชุดการทดลองเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก

ประสิทธิภาพของชุดการทดลองในห้องเรียนปฏิบัติการ วิเคราะห์ด้วยการประเมินผลกระบวนการโดยพิจารณาคะแนนรายงานของนักเรียนภายในห้องปฏิบัติการ และประเมินผลลัพธ์ของนักเรียน โดยพิจารณาจากคะแนนสอบหลังเรียน หลังจากที่นักเรียนศึกษาทฤษฎี ขั้นตอนวิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยตนเองจากเอกสารประกอบการเรียนการสอนที่อัปโหลดใน google classroom และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเรียนปฏิบัติการในห้องเรียน แสดงดังตารางที่ 3

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจากรายงานระหว่างเรียน  $E_1$  เท่ากับ 70.29 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากแบบทดสอบหลังเรียน  $E_2$  เท่ากับ 76.2 ซึ่งได้ประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ 70/70 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้



**ตารางที่ 3** ประสิทธิภาพของชุดการทดลองเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก

รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
รายงานระหว่างเรียน	10	7.02	70.29
แบบทดสอบหลังเรียน	10	7.62	76.20

### ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

ผู้วิจัยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวัดผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยค่าทางสถิติ t-test แบบ Paired Sample (ตารางที่ 4) โดยคะแนนสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 5.41 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 7.62 ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 5.34 ซึ่งมากกว่า ค่า t จากตารางการแจกแจง t ( $df = 53$ ,  $t_{ตาราง} = 1.67$ ) เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ชุดการเรียนรู้การสอน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**ตารางที่ 4** ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดการทดลอง

คะแนนแบบทดสอบ	n	mean	S.D.	T	df	Sig
ก่อนเรียน	54	5.41	1.79	5.34	53	0.00*
หลังเรียน	54	7.62	2.13			

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### สรุปผลการวิจัย

ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดการทดลอง พิจารณาค่าสภาพยอมของสุญญากาศ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแผ่นพลาสติกใส และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแผ่นตัวนำที่ได้จากการทดลอง มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 6.7, 2.3 และ 0.6 ตามลำดับ วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน อาจารย์ผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกัน คือ ชุดการทดลองความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริกสามารถใช้ในการเรียนการสอนได้

การศึกษาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก โดยใช้วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง ตามแผนที่วางไว้ ผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก ที่สร้างขึ้นมีค่าร้อยละ 70.29/76.20 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 70/70 และนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ของชุดทดลอง เมื่อนำไปใช้ในการทดลองหาค่าสภาพยอมของสุญญากาศ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแผ่นพลาสติกใส และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแผ่นตัวนำ พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง แสดงให้เห็นว่าสามารถนำชุดการทดลองใช้ในการเรียนการสอนโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยการกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ได้

จากการศึกษาประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก ซึ่งชุดการเรียนรู้การสอนประกอบไปด้วย เอกสารประกอบการเรียนการสอนและชุดการทดลอง ซึ่งเอกสารการเรียนการสอนอัปโหลดใน google classroom ให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนสรุปทฤษฎี เขียนแผนการทดลอง และทดลองทำปฏิบัติการในห้องเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน มอ.วิทยานุสรณ์ พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจากรายงานปฏิบัติการระหว่างเรียน  $E_1$  เท่ากับ 70.29 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากแบบทดสอบหลังเรียน  $E_2$  เท่ากับ 76.2 ซึ่งมีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ 70/70 เมื่อเปรียบเทียบค่า  $E_1/E_2$  (70.29/76.20) ห่างกันเกิน 5% แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมที่นักเรียนทำกับการสอบหลังเรียนไม่สมดุลกัน

ซึ่งค่า  $E_2$  มากกว่าค่า  $E_1$  แสดงว่า การสอบง่ายกว่าหรือไม่สอดคล้องกับงานที่มอบหมายให้ทำ ซึ่งสอดคล้องกับบทความวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพหุพลัง แผนการเรียนวิทย์-คณิต เพื่อพัฒนาชุดการทดลองเรื่องกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้งานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองกลศาสตร์ มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 ซึ่งได้ประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 (เรวดี, 2556)

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง คือ 54.1% และ 76.2 % ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยสถิติค่าที (t-test) พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า หลังจากนักเรียนใช้ชุดการเรียนการสอน ทำให้คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งบ่งบอกได้ว่า ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริกโดยใช้วิธีการสอนแบบศึกษาด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ซึ่งวิธีสอนแบบศึกษาด้วยตนเองเป็นวิธีสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้จากแหล่งวิชาด้วยตนเอง ส่งเสริมนิสัยในการวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจ การเลือกวิธีแก้ปัญหา เสริมสร้างนิสัยรักการศึกษาค้นคว้า และความรับผิดชอบตนเอง เป็นวิธีที่มุ่งเน้นที่ผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง (ทิตินา, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับการสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 จำนวน 80 ราย วัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดการทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ธัญญะ, 2550) และในงานวิจัยของ Roth (1994) ได้ศึกษาการใช้กิจกรรมการทดลอง (Physics Laboratory) ในโรงเรียนมัธยม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนโดยทำกิจกรรมการทดลองจะมีประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้น เพราะการทดลองเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากขึ้น เนื่องจากได้เห็นและทำปฏิบัติการด้วยตนเอง

### ข้อเสนอแนะ

ชุดการเรียนการสอนเรื่องความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนสำหรับระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา ศึกษาค่าความจุกับระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ ความจุและพื้นที่ของแผ่นตัวนำ การหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริก โดยใช้กับวิธีการสอนในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน ให้เหมาะสมต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา วรรีศวัดนา ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และคอยสนับสนุนในงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา วรรีศวัดนา. 2566. ความจุไฟฟ้าและสารไดอิเล็กทริก. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาปฏิบัติการแม่เหล็กไฟฟ้า. สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 10 หน้า.
- กิตติพิศ โคนสันเทียะ และจิตรา เกตุแก้ว. 2562. การศึกษาค่าคงที่ไดอิเล็กทริกโดยใช้ตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนานด้วยวิธีการอย่างง่าย. 1213-1220. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10. วันที่ 29 มีนาคม 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพมหานคร.
- คณกร ลอนจันทิก จักรกฤษ ปูนมีกิจ และทิวานนท์ อยู่สุข. 2559. การวัดค่าไดอิเล็กทริกของวัสดุโดยใช้หลักการสายส่งสัญญาณ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. 63 หน้า.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2566. การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. ศิลปการศึกษาศาสตรวิทย์. 5(1): 7-20.
- ณัฐธิกา สมัยมงคล. 2557. ออกแบบและพัฒนาชุดการทดลองพื้นเอียงเพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. จันทบุรี. 79 หน้า.
- ทิตินา แคมมณี. 2548. ศาสตร์การสอน. ด้านสู่ทางการพิมพ์จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 512 หน้า.
- ธัญญะ โพธิ์รัง. 2550. การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. 109 หน้า.
- พรณรัตน์ อารณพิศาล. 2548. การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพมหานคร. 180 หน้า.

- เรวดี มาน้อย อนุมิตี เดชนะ และสรณ เสนาสวัสดิ์. 2556. การพัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 4 ของโรงเรียนพทล. พิษณุตรังสิต. 10(2): 127-142.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. กรุงเทพมหานคร.  
216 หน้า.
- ศิวกร กัญญานุสรณ์. 2563. การพัฒนาชุดทดลองฟิสิกส์เรื่อง แรงเสียดทานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์  
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี. 108 หน้า.
- ศุภชัย ทองเข้ม. 2557. การพัฒนาชุดการทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสายปัญญารังสิต. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยรังสิต.  
ปทุมธานี. 190 หน้า.
- ศุภานัน ปันพุกษ์. 2558. ไฟฟ้าสถิต. [Online]. Available: <https://mint31239.wordpress.com/2015/06/17/ไฟฟ้าสถิต/>.  
(สืบค้นเมื่อ กันยายน 2566).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2552. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพมหานคร. 142 หน้า.
- สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2561. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก. [Online]. Available:  
[https://il.mahidol.ac.th/e-media/electromagnetism/sub\\_lesson/4\\_1](https://il.mahidol.ac.th/e-media/electromagnetism/sub_lesson/4_1). (สืบค้นเมื่อ กันยายน 2566).
- อัษฎา วรรณกายนต์. 2552. การพัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเตอร์เฟสพอร์ดขนานสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี.  
วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. สุรินทร์. 352 หน้า.
- Burt, S., Finney, N. and J. Young. Fringe Field of Parallel Plate Capacitor. Department of Engineering and  
Physics Santa Rosa Junior College. 8 pages.
- Grove, T.T., Masters, M.F. and R.E. Miers. 2004. Determining dielectric constants using a parallel plate  
capacitor. American Association of Physics Teacher. 73(1): 52-56.
- Roth, W.M. 1994. Experimenting in a Constructivist High School Physics Laboratory. Journal of Research in  
Science Teaching. 31(2): 197-223.