

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง
เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA BY AUGMENTED REALITY
ON EXTENDING THE METER RANGE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-ED-M-232-040

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง
เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA BY AUGMENTED REALITY
ON EXTENDING THE METER RANGE



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ KMITL-2018-ED-M-232-040 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA BY AUGMENTED REALITY
ON EXTENDING THE METER RANGE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRONIC
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในหอสมุดของสถาบันฯ เท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง
เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์
SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA BY AUGMENTED
REALITY ON EXTENDING THE METER RANGE

นักศึกษา

นายครนพ บุญกว้าง

รหัสประจำตัว

56603175

ปริญญา



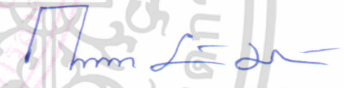

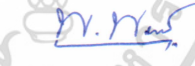
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวัฒน์ ลาวณิชย์วิสุทธิ	
รองศาสตราจารย์ ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์	
รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ
สถานที่สอบ

14 กรกฎาคม 2561 เวลา 11.00 น. เป็นต้นไป
ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

นักศึกษา

นายครนพ บุญกว้าง

รหัสนักศึกษา

56603175

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

อิเล็กทรอนิกส์

พ.ศ.

2561

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 20 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากรายชื่อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ 1) สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ 2) แบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.53-0.93 ค่าค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.05-0.45 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.66

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.50$, S.D. = 0.00) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.50$, S.D. = 0.26) 2) ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์พบว่า มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 81.50/82.17 และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Thesis Title	Supplementary Learning Media by Augmented Reality on Extending the Meter Range
Student	Mr.Koranop Boonkwang
Student ID.	56603175
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronic
Year	2018
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Piya Supavarasuwat

ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) develop of the supplementary learning media by augmented reality on extending the meter range. 2) find the Efficiency of the proposed learning media. 3) compare the learning achievement through the learning activity with the proposed learning media between before and after learning. The sample in study this research was the students of the vocational certificate program. Industrial courses department of electrical power first year, Banphue industrial and community education college, 20 students in academic year 2560 use a simple random method by lottery classroom.

The research instruments consisted of 1) supplementary learning media by augmented reality on extending the meter range, 2) the quality evaluation forms, 3) the achievement test with the difficulty level was between 0.53-0.93, the discriminative power was between 0.05-0.45 and the reliability was 0.66.

The results of the research were as follows: 1) The results of the evaluation of the quality of the proposed learning media by content experts showed that the quality of the media was very good ($\bar{x} = 4.50$, S.D. = 0.00) and the media production technique was very good ($\bar{x} = 4.50$, S.D. = 0.26). 2) The efficiency (E1/E2) of the proposed learning media was 81.50 / 82.17. and 3) The results of the comparison of learning achievement showed that the learning achievement of the students using the proposed learning media was higher than before learning at the statistical significance level of 0.05

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อปฏิบัติต่างๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนเสร็จสมบูรณ์และถูกต้องที่สุด ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาตรวจสอบ และให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนั้นมีคุณภาพ ขอขอบคุณวิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อที่ให้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบใจนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2560 วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ ที่ให้ความร่วมมือเพื่อให้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ครนพ บุญกว้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4.1 ประชากร.....	2
1.4.2 ตัวแปรที่จะศึกษา.....	3
1.4.3 ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
1.5.1 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม.....	3
1.5.2 การหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม.....	3
1.5.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	3
1.6 นิยามศัพท์.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 สังเขปรายวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า.....	6
2.1.1 สังเขปรายวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า.....	6
2.1.2 แอมมิเตอร์กระแสตรง.....	7
2.1.3 โวลต์มิเตอร์กระแสตรง.....	10
2.1.4 โอห์มมิเตอร์.....	14
2.2 เทคโนโลยีเสมือนจริง.....	16
2.2.1 ความหมายของเทคโนโลยีเสมือนจริง.....	17
2.2.2 ประเภทของเทคโนโลยีเสมือนจริง.....	17
2.2.3 องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริง.....	18
2.2.4 กระบวนการของเทคโนโลยีเสมือนจริง.....	18
2.2.5 HP Reveal.....	19
2.3 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม.....	22
2.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหาบทเรียน	22
2.4.2 การตรวจสอบคุณภาพของการนำเสนอบทเรียน.....	23
2.4.3 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ	24
2.4.4 การตรวจสอบคุณภาพด้านมัลติมีเดีย	24
2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง .	26
2.5.1 ความหมายของประสิทธิภาพ	26
2.5.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ	27
2.5.3 วิธีการคำนวณประสิทธิภาพ	28
2.5.4 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ	29
2.5.5 การเลือกนักเรียนมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม	30
2.5.6 ข้อควรคำนึงในการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.....	31
2.5.7 บทบาทของครูขณะกำลังทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน	33
2.5.8 สิ่งที่ควรปฏิบัติหลังทดสอบประสิทธิภาพ	34
2.5.9 การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพ	34
2.6 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	34
2.6.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	35
2.6.2 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี	38
2.6.3 กระบวนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	39
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	45
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	45
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	45
3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย.....	45
3.3.1 สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่าน วัดของมิเตอร์	46
3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ.....	48
3.3.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	50
3.4 การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล	53
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	53
3.5.1 การวิเคราะห์คุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง.....	53
3.5.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.3 การหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยี เสมือนจริง.....	53
3.5.4 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	55
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยี เสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์.....	56
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วย เทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์.....	58
4.3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	60
5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	60
5.1.2 สมมติฐานการวิจัย	60
5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	60
5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	60
5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	61
5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	62
5.1.7 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 การอภิปรายผลการวิจัย.....	63
5.2.1 ด้านคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์.....	63
5.2.2 ด้านประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์.....	63
5.2.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์	64
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	65
5.3.1 ข้อเสนอแนะด้านการใช้สื่อ.....	65
5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ.....	70
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	80
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	86
ภาคผนวก ง ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	89
ภาคผนวก จ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	92
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	100
ภาคผนวก ช ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม.....	108
ประวัติผู้เขียน	113



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กำหนดการเรียนการสอนวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า	6
2.2 หน่วยการเรียนและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	7
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา	56
4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	57
4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม	59
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียน	59
ค.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา	87
ค.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	87
ง.1 ผลการวิเคราะห์หาความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับวัตถุประสงค์ เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์	90
ฉ.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N=40.....	101
ฉ.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	102
ฉ.3 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน	103
ฉ.4 คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียน	105
ฉ.5 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	106
ฉ.6 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ดิจิทัลแอมมิเตอร์สร้างจากคาร์สันวัลส์มิเตอร์ต่อร่วมกับตัวต้านทานขนาน.....	8
2.2 วงจรดิจิตัลแอมมิเตอร์เบื้องต้น.....	9
2.3 ดิจิทัลโวลต์มิเตอร์สร้างจากคาร์สันวัลส์มิเตอร์ต่อร่วมกับตัวต้านทานทางอนุกรม.....	12
2.4 วงจรดิจิตัลโวลต์มิเตอร์เบื้องต้น.....	13
2.5 โครงสร้างของโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น.....	15
2.6 แผนภาพกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีวัดเสมือนจริง.....	18
3.1 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัดของมิเตอร์.....	48
3.2 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัดของมิเตอร์.....	49
3.3 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	52
5.1 นักเรียนเลือกแอปพลิเคชัน HP Reveal.....	61
5.2 เมื่อนำโทรศัพท์มือถือไปส่องมาร์คเกอร์จะแสดง วิดีโอ แบบฝึกหัดหรือเมนูต่าง ๆ.....	61
5.3 เมื่อนำโทรศัพท์มือถือไปส่อง QR Cord จะแสดง URL แบบทดสอบ.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการเรียนการสอนในรายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546) ในคำอธิบายรายวิชานั้นจะศึกษาและปฏิบัติเรื่องโครงสร้างและหลักการวัดปริมาณไฟฟ้า ความคลาดเคลื่อน และการบำรุงรักษา ต่อมาได้มีการพัฒนาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2556 ในคำอธิบายรายวิชาได้เพิ่มหัวข้อการศึกษา การขยายย่านวัด แสดงให้เห็นว่าการขยายย่านวัดเป็นเรื่องที่สำคัญในการศึกษาในรายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

สมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือสื่อสารประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง ผู้ใช้งานสามารถติดตั้งแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในเครื่องตามความต้องการได้ด้วยตนเอง (บุษรา ประกอบธรรม. 2555 : 32-37) ทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ ๆ ปัจจุบันเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนมีการพัฒนามาก ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้สมาร์ทโฟนได้เข้ามามีบทบาทแพร่หลายในชีวิตประจำวันอย่างมาก เทคโนโลยีด้านสมาร์ทโฟนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทุกวงการ เนื่องจากสภาพการศึกษาในรูปแบบเดิมมักเน้นการฟังบรรยาย การจดบันทึก และการวัดผลด้วยการสอบ การการศึกษาสามารถใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality, AR) มาช่วยด้านการเรียนรู้ได้ คือ ใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้ อันจะช่วยให้มีประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มากขึ้น โดยผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพจริงพร้อมกับภาพเสมือนจริงที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามมุมมองของภาพจริงที่เปลี่ยนไป (วิลาวัลย์ พรพัสพงษ์. 2547 : 59-65) การนำเสนอบทเรียนผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง อีกทั้งผู้เรียนสามารถศึกษาได้เองจากสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ ที่ได้พัฒนาขึ้นมาได้ อันจะเป็นการทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยการแสดงรูปภาพ วิดีทัศน์ เสียงประกอบในบทเรียนพร้อมแบบฝึกหัด และสามารถรู้ผลของคะแนนได้หลังจากทำแบบฝึกหัดเสร็จแล้ว ทำให้นักเรียนสามารถค้นพบหลักการและความคิดรวบยอดสามารถสรุปผลเป็นของตนเองได้ (อำนาจ ขนพิทักษ์. 2554) และสามารถเป็นสื่อในการเรียนการสอนของครูอีกด้วย เพื่อพัฒนาให้สอดคล้องกับการพัฒนานักเรียนในการนำเทคโนโลยีไปศึกษาด้วยตนเอง สื่อการสอนประเภท สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง จึงเหมาะสมกับยุคปัจจุบัน การเรียนการสอนในปัจจุบัน มีทั้งการเรียนโดยครูเป็นผู้สอน หรือการให้นักเรียนศึกษาหาความรู้เอง ซึ่งการเรียนการสอนประเภทนี้ มักจะจบลงภายในระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น และบางครั้งเป็นเนื้อหาที่มีคนสนใจน้อย การเรียนผ่านสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่จะช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียน ยิ่งผู้สอนมีเทคนิคการสอนที่ดีแล้วด้วยการเรียนการสอนจะประสบผลสำเร็จค่อนข้างสูง

อีกประการหนึ่งที่สำคัญ คือ การนำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มาเป็นสื่อการสอนนั้น จะช่วยให้เราสามารถ นำมาทบทวนการเรียนการสอนให้เป็นแนวทางเดียวกัน และผู้เรียนสามารถเรียนที่ไหนก็ได้ โดยการเรียนผ่านสมาร์ทโฟน จึงได้มีการวิจัยการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้พัฒนาได้เผยแพร่เอกสารนี้ขึ้นในอินเทอร์เน็ตแล้ว ปรากฏว่ากรณิใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงสนใจนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง “สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์”

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีสมมติฐานดังนี้

1.3.1 คุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ อยู่ในระดับดี ($\bar{x} \geq 3.50$) ขึ้นไป

1.3.2 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.3.3 ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้อง รวม 40 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 20 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากรายห้อง

1.4.2 ตัวแปรที่จะศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์
2. ตัวแปรตาม คือ คุณภาพและประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

1.4.3 ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

1. การขยายย่านวัตแอมมิเตอร์กระแสตรง
2. การขยายย่านวัตโวลต์มิเตอร์กระแสตรง
3. การขยายย่านวัตโอห์มมิเตอร์

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.5.1 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม

การสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดแบบ ADDIE MODEL 5 ขั้น (อ้างอิงใน ศนงู สีกกลม. 2559) ดังนี้

1. การวิเคราะห์ (A: Analysis)
2. การออกแบบ (D: Design)
3. การพัฒนา (D: Development)
4. การทดลองใช้ (I: Implementation)
5. การประเมินผล (E: Evaluation)

1.5.2 การหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม

ผู้วิจัยนำแนวคิดของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556) เกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยวิธี E_1/E_2 ซึ่งผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 โดย

80 ตัวแรก หรือ E_1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละบทเรียนรวมกัน

80 ตัวหลัง หรือ E_2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

1.5.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ Bloom (1956) มาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการสร้างแบบสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มุ่งเน้นทางด้าน Cognitive domain ซึ่งแบ่งเป็นจุดประสงค์ที่เกี่ยวกับความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลจำแนกออกเป็น 3 ระดับ (อ้างอิงใน สิริชัย สุทธิ. 2551) ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ
2. ความเข้าใจ
3. การนำไปใช้

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

หมายถึง สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของ มิเตอร์ ที่นำแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือระบบ Android หรือระบบ iOS มาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการเสนอเป็นข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง มาซ้อนเข้ากับ ฉากหลังซึ่งเป็นภาพในเวลาจริง (Real time) และยังสามารถทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบได้อีกด้วย

1.6.2 แอปพลิเคชัน

หมายถึง โปรแกรมประยุกต์ หรือ ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชัน (Application Software) คือ ซอฟต์แวร์ประเภทหนึ่งสำหรับใช้งานสำหรับงานเฉพาะทาง

1.6.3 การขยายย่านวัต

หมายถึง การใช้ตัวต้านทานต่อเพิ่มความสามารถของเครื่องวัดปริมาณกระแสไฟตรง, แรงดันไฟตรงและความต้านทาน ให้สามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยอาศัยความรู้ด้าน โครงสร้างและหลักการคำนวณด้วยกฎของโอห์ม

1.6.4 ผู้เรียน

หมายถึง นักเรียนแผนกไฟฟ้ากำลัง ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัย การอาชีวศึกษาบ้านผือ ที่ผ่านการเรียนวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า รหัสวิชา 2104 – 2004 ปีการศึกษา 2560

1.6.5 คุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ด้วยแบบประเมินคุณภาพ ทั้งในด้านเนื้อหา และเทคนิคการผลิตสื่อ

1.6.6 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

หมายถึง อัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้าย หน่วยการเรียนรู้แต่ละบทเรียนรวมกัน (E_1) และคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ (E_2) โดยตั้งเกณฑ์การหาประสิทธิภาพในการวิจัยครั้งนี้ (E_1/E_2) ไว้ไม่ต่ำกว่า 80/80

E_1 (Efficiency of Process) ประสิทธิภาพของกระบวนการ หมายถึงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็น ร้อยละของคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกต้องจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละบทเรียนรวมกัน

E_2 (Efficiency of Product) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกต้องจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเรียน ครบทุกหน่วยการเรียนรู้

1.6.7 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หมายถึง ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ประเมินความรู้หลังเรียน ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.8 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัตของมิเตอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 สังเขปวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า
- 2.2 เทคโนโลยีความจริงเสมือน
- 2.3 กระบวนการออกแบบการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความรู้
- 2.4 การออกแบบและสร้างสื่อการสอน
- 2.5 การหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้
- 2.6 การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน
- 2.7 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สังเขปวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า

รายวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า รหัสวิชา 2104 – 2004 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2556 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม วิทยาลัยการอาชีวศึกษาบ้านฝ้อ

2.1.1 สังเขปรายวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า

รหัสวิชา	2104 – 2004
ชื่อวิชา	เครื่องวัดไฟฟ้า
ระดับ	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
เวลาเรียน	4 คาบ/สัปดาห์
จำนวนหน่วยกิต	2 หน่วยกิต

คำอธิบายรายวิชา ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหน่วยวัด ค่าความคลาดเคลื่อนการวัด หลักการทำงาน วิธีการใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ และเครื่องวัดความต้านแบบบริดจ์ วัตต์มิเตอร์ กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป ดิจิตอลมิเตอร์ และเครื่องมือวัดไฟฟ้าชนิดอื่นๆ ทั้ง กระแสตรงและกระแสสลับ การขยายย่านวัด ค่าความคลาดเคลื่อน และการบำรุงรักษา

ตารางที่ 2.1 กำหนดการเรียนการสอนวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า

หน่วยที่	เรื่องที่สอน	จำนวนชั่วโมง	สัปดาห์ที่
1	หน่วยการวัดและค่าความคลาดเคลื่อนการวัด	4	1
2	โครงสร้างมาตรฐานวัดไฟฟ้ากระแสตรง	4	2
3	แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8	3-4
4	โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8	5-6
5	โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	4	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	เรื่องที่สอน	จำนวนชั่วโมง	สัปดาห์ที่
6	ชนิดมาตรวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	4	8
7	โอห์มมิเตอร์	8	9-10
8	มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	4	11
9	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	8	12-13
10	มาตรวัดกำลังไฟฟ้า	8	14-15
11	ออสซิลโลสโคป	8	16-17
12	เครื่องกำเนิดสัญญาณ	4	18
รวมจำนวนคาบ		72	18

จากตารางที่ 2.1 การกำหนดเนื้อหาในสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ ประกอบด้วย 3 หน่วยดังนี้

หน่วยที่ 3 แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หน่วยที่ 4 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและหน่วยที่ 7 โอห์มมิเตอร์

ตารางที่ 2.2 หน่วยการเรียนรู้และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หน่วยการเรียนรู้	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 3 แอมมิเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	1. คำนวณและขยายย่านวัดแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2. ต่อขั้ววัดค่าแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3. อ่านค่ากระแสไฟฟ้าบนสเกลแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
หน่วยที่ 4 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	1. คำนวณและขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2. ต่อขั้ววัดค่าโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3. อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าบนสเกลโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
หน่วยที่ 7 โอห์มมิเตอร์	1. คำนวณและขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์ 2. ต่อขั้ววัดโอห์มมิเตอร์ 3. อ่านค่าความต้านไฟฟ้าบนสเกลโอห์มมิเตอร์

จากตารางที่ 2.2 ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหา ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1.2 แอมมิเตอร์กระแสตรง

แอมมิเตอร์กระแสตรง (Direct Current Ammeter) หรือเรียกว่า ดีซีแอมมิเตอร์ (DC Ammeter) เป็นมาตรวัดกระแสตรงที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดกระแสไฟฟ้า โดยดัดแปลงมาจากดาร์สันวาล์มิเตอร์ เพราะดาร์สันวาล์มิเตอร์เป็นมาตรวัดที่โครงสร้างภายในส่วนของการรับกระแสไฟฟ้าจากภายนอก มีเพียงขดลวดเคลื่อนที่มีขนาดขดลวดเส้นเล็กมาก จำนวนรอบขดลวดน้อย ทำให้เมื่อนำไปวัดกระแสไฟฟ้าสามารถวัดกระแสได้ในปริมาณเล็กน้อยไม่สะดวกในการนำไปใช้งานเกิดความคล่องตัว และสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางเพิ่มขึ้น จึงต้องดัดแปลงดาร์สันวาล์มิเตอร์ให้ใช้งานเป็นแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงวัดกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น ด้วยการเพิ่มส่วนประกอบของอุปกรณ์เข้าไปในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

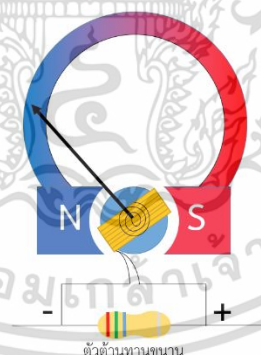
วงจรมาตรวัด ต่อร่วมใช้งานกับดาร์สันวาล์มิเตอร์ ช่วยให้สามารถเพิ่มแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้ใช้งานได้กว้างขวางหลายขนาด สร้างเป็นแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้หลายชนิด เรียกชื่อตามขนาดกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ เช่น ไมโครแอมมิเตอร์ (Microammeter) มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) และแอมมิเตอร์ (Ammeter) เป็นต้น

แอมมิเตอร์กระแสตรง ที่สร้างขึ้นมาจากใช้งานหลากหลายรูปแบบใช้งาน สร้างให้เหมาะสมกับการใช้งานในย่านวัดกระแสไฟฟ้าที่ต้องการ โดยนำดาร์สันวาล์มิเตอร์มาดัดแปลงให้ใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น ด้วยการต่อเพิ่มอุปกรณ์ประกอบร่วมกับดาร์สันวาล์มิเตอร์ จัดการต่อวงจรให้ถูกต้องตามต้องการ สามารถดัดแปลงไปเป็นมาตรวัดกระแสไฟฟ้าได้หลายชนิด นอกจากการจัดวงจรให้ถูกต้องแล้ว ต้องเปลี่ยนสเกลของมาตรวัดแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับการใช้งานด้วย โดยให้สัมพันธ์กับปริมาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา

1. โครงสร้างดีซีแอมมิเตอร์

ดีซีแอมมิเตอร์ สร้างขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรง สร้างขึ้นมาใช้วัดกระแสไฟฟ้าได้หลายชนิด เช่น ไมโครแอมมิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อยเป็นไมโครแอมแปร์ (Microampere ; μA) มิลลิแอมมิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นเป็นมิลลิแอมแปร์ (Milliamperere ; mA) และแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นเป็นแอมแปร์ (Ampere ; A) เป็นต้น

ดีซีแอมมิเตอร์ โครงสร้างเบื้องต้นประกอบด้วย ตัวต้านทานต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ ตัวต้านทานนี้เรียกว่า ตัวต้านทานขนาน (Shunt Resistor) ตัวต้านทานขนานที่ต่อในวงจรเพื่อทำหน้าที่แบ่งกระแสไฟฟ้าส่วนเกินจากที่ดาร์สันวาล์มิเตอร์รับไม่ได้ ให้ไหลผ่านตัวต้านทานขนานส่งผลให้ดาร์สันวาล์มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น คือ ดีซีแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงได้มากขึ้น ลักษณะการต่อตัวต้านทานขนานเข้ากับดาร์สันวาล์มิเตอร์แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ดีซีแอมมิเตอร์สร้างจากดาร์สันวาล์มิเตอร์ต่อร่วมกับตัวต้านทานขนาน

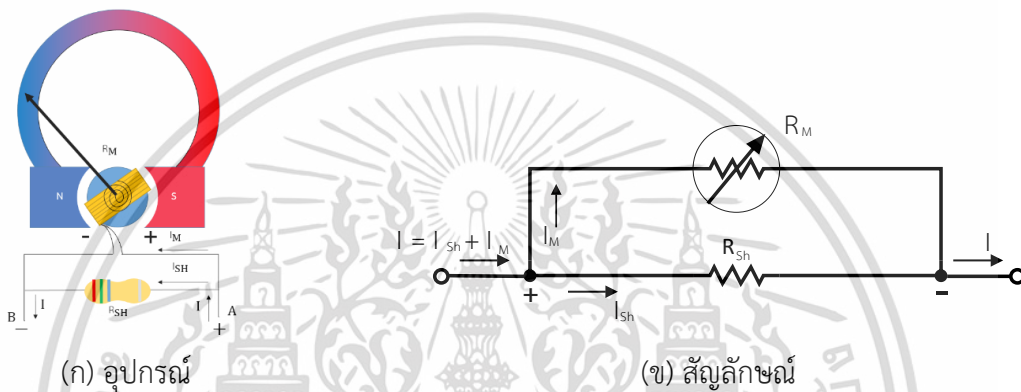
จากภาพที่ 1 แสดงดีซีแอมมิเตอร์สร้างจากดาร์สันวาล์มิเตอร์ ต่อร่วมกับตัวต้านทานขนาน มีผลทำให้ดาร์สันวาล์มิเตอร์กลายเป็นไมโครแอมมิเตอร์ มิลลิแอมมิเตอร์ หรือแอมมิเตอร์ ได้ตามต้องการ การจะทำให้มาตรวัดสามารถวัดกระแสไฟฟ้าย่านใดได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของค่าตัวต้านทานขนานที่นำมาต่อขนานร่วมในวงจร ว่ามีค่าความต้านทานมากน้อยเพียงไร ความต้านทานขนานมีค่าความต้านทานสูง ดีซีแอมมิเตอร์จะใช้วัดกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ ในย่านไมโครแอมแปร์ หรือย่านมิลลิแอมแปร์ แต่ถ้าความต้านทานขนานมีค่าความต้านทานต่ำ ดีซีแอมมิเตอร์จะใช้วัดกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมแปร์ ยิ่งค่าความต้านทานขนานที่ทำหน้าที่ต่อขนานมีค่าความต้านทานยิ่งต่ำลงมาเท่าไร ทำให้ดีซีแอมมิเตอร์ตัวนั้นยิ่งวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงมากขึ้นเท่านั้น

2. คำนวณและขยายย่านวัดดีซีแอมมิเตอร์

ดาร์สันวาล์มิตอร์ที่มีตัวต้านทานขนานต่อร่วมอยู่ด้วยนั้น ช่วยทำให้ดาร์สันวาล์มิตอร์เปลี่ยนไปเป็นดีซีแอมมิเตอร์ได้ทันที ส่วนสำคัญของการต่อตัวต้านทานขนานเข้าวงจร จะต้องเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมมาต่อใช้งาน โดยพิจารณาจากค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องการให้ดีซีแอมมิเตอร์ใช้วัดค่าได้ เป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานขนานที่ต้องใช้งาน ค่าความต้านทานขนานค่าที่เหมาะสมดังกล่าวสามารถหาค่าได้โดยใช้วิธีคำนวณ การจัดวงจรแอมมิเตอร์ใช้ในการคำนวณ แสดงใน ภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วงจรดีซีแอมมิเตอร์เบื้องต้น

จากภาพที่ 2.2 แสดงวงจรดีซีแอมมิเตอร์เบื้องต้นใช้ในการคำนวณค่าต่าง ๆ ภายในวงจร ประกอบด้วยดาร์สันวาล์มิตอร์มีค่าความต้านทานขดลวดเคลื่อนที่ R_M ต่อขนานกับตัวต้านทานขนานมีค่าความต้านทาน R_{SH} เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า I เข้าวงจรแอมมิเตอร์ที่จุด A กระแสไฟฟ้าถึงจุดต่อวงจรขนาน กระแสไฟฟ้าแยกไหลออกสองทาง ทางหนึ่งผ่านขดลวดเคลื่อนที่ R_M มีค่ากระแสไฟฟ้า I_M อีกทางหนึ่งผ่านตัวต้านทานขนาน R_{SH} มีค่ากระแสไฟฟ้า I_{SH} อักษรย่อแต่ละคำมีรายละเอียดดังนี้

R_M	=	ความต้านทานขดลวดเคลื่อนที่ในดาร์สันวาล์มิตอร์ หรือเรียกว่าความต้านทานเดิมของมาตรวัด	หน่วย	โอห์ม (Ω)
R_{SH}	=	ความต้านทานขนาน	หน่วย	โอห์ม (Ω)
I	=	กระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลผ่านเข้าวงจร	หน่วย	แอมแปร์ (A)
I_M	=	กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ดาร์สันวาล์มิตอร์ทนได้	หน่วย	แอมแปร์ (A)
I_{SH}	=	กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานขนาน	หน่วย	แอมแปร์ (A)

ตัวต้านทานขนานมีค่าความต้านทาน R_{SH} ต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ที่มีความต้านทาน R_M ในวงจรขนานแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมวงจรเท่ากัน ทั้ง R_{SH} และ R_M นำไปเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าของภาพที่ 2.2 ได้ออกมาดังนี้

$$\begin{aligned}
 & E_{AB} = E_{SH} = E_M \\
 \text{หรือ} & E_{SH} = E_M \\
 \text{ตามกฎของโอห์ม} & I_{SH} R_{SH} = I_M R_M \\
 \therefore & R_{SH} = \frac{I_M R_M}{I_{SH}} \quad (2.1) \\
 \text{จากภาพที่ 2.2 จะได้กระแส} & I = I_{SH} - I_M \\
 \text{หรือ} & I_{SH} = I - I_M
 \end{aligned}$$

แทนค่า I_{SH} ด้วย $I - I_M$ ลงในสมการ (2.1) ได้สมการใหม่เป็น

$$\therefore R_{SH} = \frac{I_M R_M}{I - I_M} \quad (2.2)$$

$$\text{หรือ} \quad I - I_M = \frac{I_M R_M}{R_{SH}}$$

$$\therefore I = \frac{I_M R_M}{R_{SH}} + I_M \quad (2.3)$$

3. สเกลหน้าปัดและย่านวัดดีซีแอมมิเตอร์

ปกติของสเกลหน้าปัดของดีซีแอมมิเตอร์ จะมีเลขศูนย์อยู่ด้านซ้ายของสเกล และตัวเลขจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามตำแหน่งสเกลที่เลื่อนมาทางขวามือ ขณะปกติที่ดีซีแอมมิเตอร์ไม่ใช้งาน เข็มชี้ของดีซีแอมมิเตอร์ต้องชี้ที่เลขศูนย์เสมอ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ดีซีแอมมิเตอร์เข็มชี้จึงเริ่มบ่ายเบนไปทางขวามือ การบ่ายเบนไปของเข็มชี้มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามา กระแสไฟฟ้าไหลเข้าน้อยเข็มบ่ายเบนไปน้อย กระแสไฟฟ้าไหลเข้ามากเข็มชี้บ่ายเบนไปมาก แสดงค่าการไหลของกระแสไฟฟ้าที่สเกลหน้าปัดของดีซีแอมมิเตอร์ลักษณะหน้าปัดและสเกลของดีซีแอมมิเตอร์

2.1.3 โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Voltmeter) หรือเรียกว่า ดีซีโวลต์มิเตอร์ (DC Voltmeter) เป็นมาตรวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดแรงดันไฟฟ้า โดยดัดแปลงมาจากคาร์สันวอลต์มิเตอร์ เพราะคาร์สันวอลต์มิเตอร์เป็นมาตรวัดที่โครงสร้างภายในส่วนของการรับกระแสไฟฟ้าจากภายนอก จะรับกระแสไฟฟ้าได้ในปริมาณเล็กน้อย มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าที่รับได้ก็มีปริมาณน้อยตามไปด้วย เพราะปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ขดลวดเคลื่อนที่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมาโดยตรง แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้ามาน้อย กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นน้อย เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไปน้อย แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้ามามาก กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นมาก เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไปมาก

ผลที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้ามีผลต่อกระแสไฟฟ้าโดยตรง หรือกล่าวได้ว่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำคาร์สันวอลต์มิเตอร์

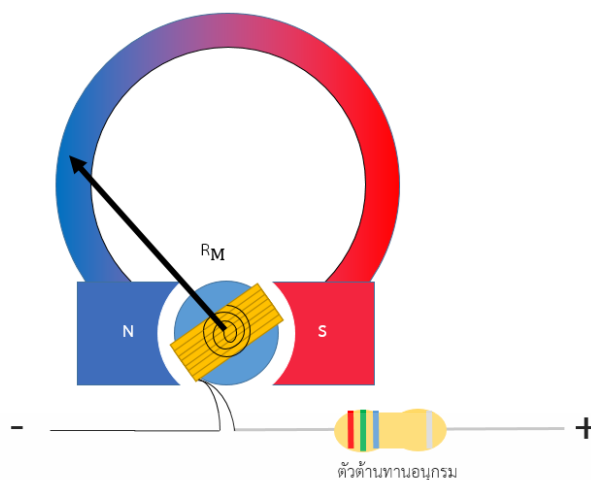
หรือดีซีแอมมิเตอร์มาดัดแปลงเป็นดีซีโวลต์มิเตอร์ได้ พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนสเกลหน้าปัดให้เป็นสเกลโวลต์ และใส่หน่วยวัดให้ถูกต้องก็จะได้ดีซีโวลต์มิเตอร์ตามต้องการ

วิธีดัดแปลงคาร์สันวาล์มิเตอร์ให้เป็นดีซีโวลต์มิเตอร์ ทำได้โดยเพิ่มส่วนประกอบของอุปกรณ์เข้าไปในวงจรคาร์สันวาล์มิเตอร์ให้ถูกต้องเหมาะสม และปรับเปลี่ยนสเกลหน้าปัดของมาตรฐานให้สัมพันธ์กัน ก็สามารถสร้างดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ ดีซีโวลต์มิเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานแบ่งได้เป็นหลายชนิด เรียกชื่อตามขนาดแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ เช่น ดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าออกมาเป็นโวลต์ (Millivolt;mV) เรียกว่า มิลลิโวลต์มิเตอร์ (Millivoltmeter) ดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าออกมาเป็นโวลต์ (Volt;V) เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) และดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าออกมาเป็นกิโลโวลต์ (Kilovolt;kV) เรียกว่า กิโลโวลต์มิเตอร์ (Kilovoltmeter) เป็นต้น

1. โครงสร้างดีซีโวลต์มิเตอร์

ดีซีโวลต์มิเตอร์เป็นมาตรวัดที่สร้างขึ้นมาใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage) หรือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างจุดสองจุดในวงจรไฟฟ้า ซึ่งขณะวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า หรือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ต้องมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาตรวัดด้วยจึงทำให้เข็มชี้ขยับเบนไป และการที่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านดีซีโวลต์มิเตอร์ได้ก็ต้องมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงป้อนเข้ามา ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่วัดออกมาได้มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมาตรวัด กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมาตรวัดก็ขึ้นอยู่กับปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา ดังนั้นการวัดปริมาณแรงดันไฟฟ้าก็คือการวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้านั่นเอง เพียงแต่เปลี่ยนสเกลหน้าปัดมาตรวัดให้แสดงค่าออกมาเป็นค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ไหลผ่านเข้าดีซีโวลต์มิเตอร์จะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับค่าทนกระแสไฟฟ้ากระแสตรงได้ของดีซีโวลต์มิเตอร์ตัวนั้น ดังนั้นเมื่อนำดีซีโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีค่ามาก ย่อมส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าดีซีโวลต์มิเตอร์มากตามไปด้วย ซึ่งถ้ามากเกินไปที่ดีซีโวลต์มิเตอร์ทนได้ ก็ไม่สามารถนำดีซีโวลต์มิเตอร์ตัวนั้นไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่านั้นได้ การดัดแปลงให้คาร์สันวาล์มิเตอร์ ดีซีแอมมิเตอร์เดิม หรือดีซีโวลต์มิเตอร์เดิมให้สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากขึ้น ทำได้โดยใช้ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเหมาะสมมาต่ออนุกรม กับมาตรวัดเดิม เพื่อจำกัดจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าดีซีโวลต์มิเตอร์ไม่ให้เกินกว่าค่ากระแสไฟฟ้าเดิมที่ดีซีโวลต์มิเตอร์ตัวนั้นทนได้ ทำให้สามารถนำดีซีโวลต์มิเตอร์ไปวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากขึ้นตามต้องการ ตัวต้านทานที่นำมาต่ออนุกรมกับคาร์สันวาล์มิเตอร์ ดีซีแอมมิเตอร์เดิม หรือดีซีโวลต์มิเตอร์เดิม เพื่อให้ดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้นเรียกว่า ตัวต้านทานอนุกรม (series Resistor) หรือตัวต้านทานทวีคูณ (Multipliers Resistor) ลักษณะการต่อตัวต้านทานอนุกรมเข้ากับคาร์สันวาล์มิเตอร์ แสดงดังภาพที่ 2.3

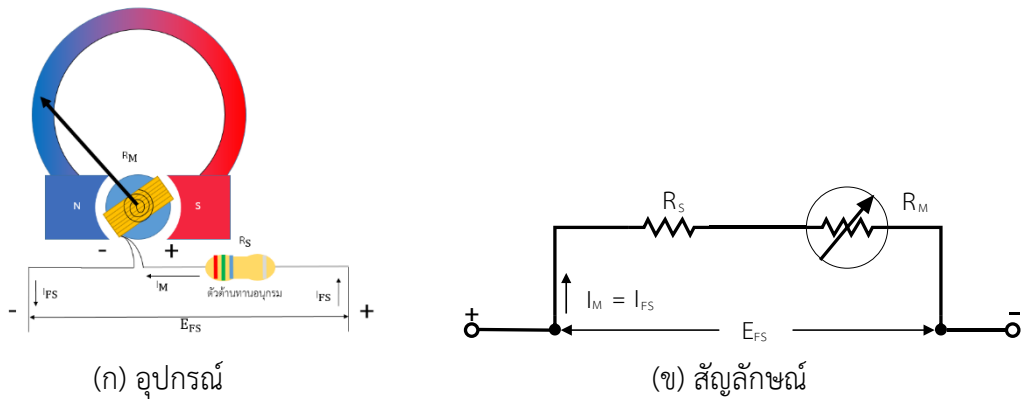


ภาพที่ 2.3 ดิซีโวลต์มิเตอร์สร้างจากดาร์สันวาล์มิตอร์ร่วมกับตัวต้านทานอนุกรม

จากภาพที่ 2.3 แสดงดิซีโวลต์มิเตอร์ สร้างจากดาร์สันวาล์มิตอร์ต่อร่วมกับตัวต้านทานอนุกรม มีผลทำให้ดาร์สันวาล์มิตอร์กลายเป็น ดิซีมิลลิโวลต์มิเตอร์ ดิซีโวลต์มิเตอร์ หรือดิซีกิโลโวลต์มิเตอร์ การจะทำให้มาตรวัดสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าย่านใดหรือขนาดใดนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดค่าความต้านทานอนุกรมที่นำมาต่อวงจร ว่ามีค่าความต้านทานมากน้อยเพียงไร ความต้านทานอนุกรมมีค่าน้อย จะวัดแรงดันไฟฟ้าได้ต่ำ อาจเป็นมิลลิโวลต์หรือโวลต์ ถ้าค่าความต้านทานอนุกรมมีค่ามาก จะวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูง อาจเป็นกิโลโวลต์ขึ้นไป ยิ่งค่าความต้านทานอนุกรมมีค่าสูงขึ้นไปเท่าไร ดิซีโวลต์มิเตอร์ก็ยิ่งวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากขึ้นเท่านั้น

2. คำนวณและขยายย่านวัดดิซีโวลต์มิเตอร์

ความสำคัญของตัวต้านทานอนุกรม ที่ต่อร่วมกับดาร์สันวาล์มิตอร์หรือดิซีโวลต์มิเตอร์แบบต่ออนุกรมนั้น ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าไปยังขดลวดเคลื่อนที่ของดาร์สันวาล์มิตอร์ ไม่ให้มากเกินไปกว่าค่ากระแสไฟฟ้าเดิมที่ขดลวดเคลื่อนที่ทนได้ ไม่ว่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาเล็กน้อยเพียงไรก็ตาม ด้วยเหตุนี้ตัวต้านทานอนุกรมที่นำมาใช้งานจึงมีค่าความต้านทานสูงมาก อาจเป็นกิโลโอห์ม (k Ω) หรือเมกะโอห์ม (M Ω) ซึ่งค่าความต้านทานที่นำมาใช้งานจะใช้มากน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการให้ดิซีโวลต์มิเตอร์วัดได้ เช่น ต้องการให้วัดแรงดันไฟฟ้าค่าต่ำใช้ความต้านทานค่าต่ำ หรือต้องการให้วัดแรงดันไฟฟ้าค่าสูงใช้ความต้านทานค่าสูง โดยค่าความต้านทานอนุกรมที่นำมาใช้งานต้องมีค่าเหมาะสมและสัมพันธ์กับดาร์สันวาล์มิตอร์ หรือดิซีโวลต์มิเตอร์แต่ละตัวโดยเฉพาะ การหาค่าความต้านทานอนุกรมที่เหมาะสมได้โดยใช้วิธีคำนวณวงจรดิซีโวลต์มิเตอร์ใช้ในการคำนวณ แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วงจรตีสีโวลต์มิเตอร์เบื้องต้น

จากภาพที่ 2.4 แสดงวงจรตีสีโวลต์มิเตอร์เบื้องต้นใช้ในการคำนวณ วงจรประกอบด้วยดาร์สันวาล์มิเตอร์มีค่าความต้านทานมิเตอร์ R_M ต่ออนุกรมร่วมกับตัวต้านทานอนุกรม มีค่าความต้านทาน R_S เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเต็มสเกลเข้าไปในวงจรตีสีโวลต์มิเตอร์มีค่า E_{FS} ส่งผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเต็มสเกลไหลผ่านเข้าวงจรตีสีโวลต์มิเตอร์เป็น I_{FS} ซึ่งมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าของตัวตีสีโวลต์มิเตอร์ I_M กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าวงจรตีสีโวลต์มิเตอร์ต้องไม่เกินค่ากระแสไฟฟ้าเต็มสเกลเดิมของดาร์สันวาล์มิเตอร์ หรือตีสีโวลต์มิเตอร์ตัวนั้น อักษรย่อแต่ละค่ามีรายละเอียดดังนี้

- R_M = ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่ในดาร์สันวาล์มิเตอร์ หรือเรียกว่าความต้านทานเดิมของมาตรวัด หน่วย Ω
- R_S = ความต้านทานอนุกรม หน่วย Ω
- $I_M = I_{FS}$ = กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ดาร์สันวาล์มิเตอร์ทนได้ หรือกระแสไฟฟ้าเต็มสเกลที่ไหลผ่านมาตรวัด หน่วย A
- E_{FS} = แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเต็มสเกลค่าใหม่ที่ตีสีโวลต์มิเตอร์วัดได้ หน่วย V

การหาสมการของวงจรภาพที่ 2.4 หาได้โดยใช้กฎของโอห์มดังนี้

$$E_{FS} = I_{FS} (R_S + R_M) \tag{2.4}$$

หรือ
$$R_S + R_M = \frac{E_{FS}}{I_{FS}}$$

\therefore
$$R_S = \frac{E_{FS}}{I_{FS}} - R_M \tag{2.5}$$

3. สเกลหน้าปัดและย่านวัดดีซีโวลต์มิเตอร์

สเกลหน้าปัดของดีซีโวลต์มิเตอร์ ถูกสร้างขึ้นมาให้สามารถแสดงค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ออกมาโดยตรง สามารถแสดงค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าจากค่าน้อยไปจนถึงปริมาณแรงดันไฟฟ้าค่ามากได้ สเกลหน้าปัดของดีซีโวลต์มิเตอร์มีเลขศูนย์อยู่ด้านซ้ายของสเกล และตัวเลขค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามตำแหน่งสเกลที่เลื่อนมาทางด้านขวามือ ขณะปกติที่ดีซีโวลต์มิเตอร์ไม่ใช้งาน เข็มชี้ตั้งอยู่ที่เลขศูนย์เสมอ เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าป้อนให้ดีซีโวลต์มิเตอร์เข็มชี้จึงเริ่มบ่ายเบนไปทางขวามือ การบ่ายเบนไปของเข็มชี้มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา ป้อนแรงดันไฟฟ้าให้น้อยเข็มชี้บ่ายเบนไปน้อย ป้อนแรงดันไฟฟ้าให้มากเข็มชี้บ่ายเบนไปมาก แสดงค่าที่วัดได้ออกมาบนสเกลหน้าปัด ลักษณะหน้าปัดและสเกลของดีซีโวลต์มิเตอร์

2.1.4 โอห์มมิเตอร์

1. การวัดค่าความต้านทาน

เราสามารถหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานหรือตัวอุปกรณ์อื่นๆ ได้โดยใช้กฎของโอห์ม (Ohm's Law) มาคำนวณหาค่าความต้านทาน โดยใช้วิธีวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรที่ต้องการหาค่าด้วยโวลต์มิเตอร์ และใช้วิธีวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรที่ต้องการหาค่าด้วยแอมมิเตอร์ นำค่าที่วัดได้จากมาตรวัดทั้งสองไปคำนวณหาด้วยสูตรกฎของโอห์ม

การวัดหาค่าความต้านทานด้วยโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ ของตัวต้านทานที่ต้องการทราบค่า ต่อแอมมิเตอร์เป็นอนุกรมกับตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่า และต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมขนานกับตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่า ขณะต่อวัดโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ต้องคำนึงถึงขั้วมาตรวัดให้ถูกต้องตามขั้วแหล่งจ่ายไฟฟ้า นำค่าแรงดันไฟฟ้า (E) และกระแสไฟฟ้า (I) ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าความต้านทาน (R) ที่ต้องการทราบค่าโดยใช้กฎของโอห์มดังนี้

$$R = \frac{E}{I} \quad (2.6)$$

เมื่อ	R	=	ความต้านทาน	หน่วย Ω
	E	=	แรงดันไฟฟ้า	หน่วย V
	I	=	กระแสไฟฟ้า	หน่วย A

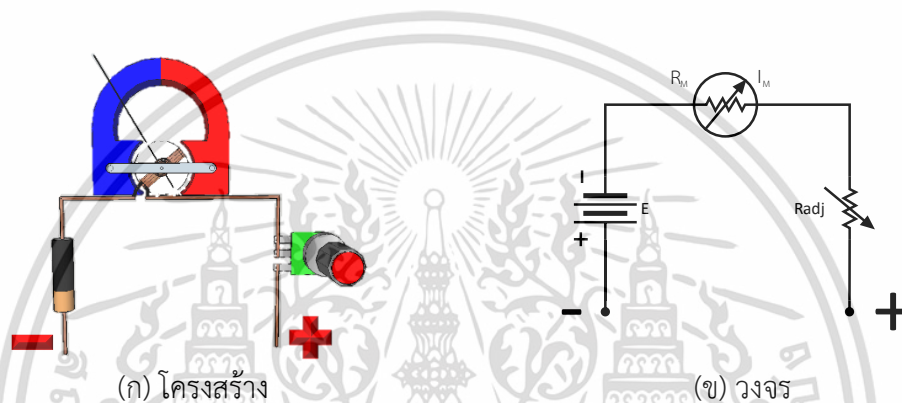
การหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานด้วยวิธีวัดแรงดันไฟฟ้าและวัดกระแสไฟฟ้า นำค่ามาคำนวณด้วยกฎของโอห์มดังกล่าวสามารถทำได้ แต่เกิดความยุ่งยากมากในการวัดหาค่า เพราะทุกครั้งของการวัดหาค่าต้องวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าใหม่ทุกครั้ง นำมาคำนวณด้วยกฎของโอห์มทุกค่า หากต้องการทราบค่าความต้านทานจำนวนมาก จะต้องเสียเวลาในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าใหม่ทุกครั้ง นอกจากนั้นยังอาจเกิดความผิดพลาดจากการวัดค่าและการคำนวณค่าได้ง่ายจากความลำบากและไม่สะดวกดังกล่าวจึงได้มีการสร้างมาตรวัดชนิดใหม่ขึ้นมาใช้งาน เพื่อใช้วัดค่าความต้านทานโดยตรง เรียกว่า โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)

2. โครงสร้างโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น

โอห์มมิเตอร์เป็นมาตรวัดไฟฟ้ากระแสตรง ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานค่าต่างๆ โดยสามารถวัดค่าความต้านทานและอ่านค่าความต้านทานออกมาได้โดยตรงจากตัว

มาตรวัด โอห์มมิเตอร์เป็นมาตรวัดที่ถูกดัดแปลงมาจากมาตรวัดพื้นฐานจำพวกคาร์สันวาล์มมิเตอร์ หรือ ดีซีโวลต์มิเตอร์ ทำให้สามารถวัดค่าออกมาเป็นค่าความต้านทานโดยตรง

การทำงานของโอห์มมิเตอร์ อาศัยคุณสมบัติของค่าความต้านทานที่นำมาต่อวัด ที่จะคอยต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ค่าความต้านทานที่วัดค่าแตกต่างกัน ด้านการไหลของกระแสไฟฟ้าได้แตกต่างกันตามกฎของโอห์มนั่นเอง ค่าความต้านทานในวงจรน้อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรมาก และค่าความต้านทานในวงจรมากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรมาน้อย สภาวะกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์แตกต่างกัน ทำให้เข็มชี้ของแอมมิเตอร์บ่ายเบนไปแตกต่างกันเมื่อปรับแต่งสเกลหน้าปัดจากเดิมเป็นสเกลกระแสไฟฟ้าให้เป็นสเกลความต้านทาน ก็สามารถนำแอมมิเตอร์นั้นมาวัดความต้านทานได้ โดยเปลี่ยนชื่อมิเตอร์เป็นโอห์มมิเตอร์แทน โครงสร้างโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น

จากภาพที่ 2.5 แสดงโครงสร้างโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ดีซีไมโครแอมมิเตอร์ (μA) แบตเตอรี่ (E) และตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_{adj}) ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนต่อรวมกันแบบอนุกรม ตัวต้านทานปรับค่าได้ R_{adj} ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านดีซีไมโครแอมมิเตอร์มากเกินไปกว่าค่าสูงสุดที่ดีซีไมโครแอมมิเตอร์ทนได้ ขั้วต่อวัดความต้านทานบวก (+) และลบ (-) เป็นขั้วต่อสำหรับต่อวัดตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่า และใช้เป็นส่วนร่วมในการปรับแต่งสเกลหน้าปัดของดีซีไมโครแอมมิเตอร์ให้เป็นโอห์มมิเตอร์ด้วย

การจะนำโอห์มมิเตอร์ไปใช้งาน ต้องทำการปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ให้พร้อมใช้งานก่อนเสมอ โดยการนำขั้ววัดบวก (+) และขั้ววัดลบ (-) ของโอห์มมิเตอร์มาต่อถึงกัน และปรับแต่งที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ R_{adj} ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านดีซีไมโครมิเตอร์ที่ค่ากระแสสูงสุด คือเข็มชี้บ่ายเบนชี้ค่าเต็มสเกลพอดี (ชี้ที่เลข 0 ของสเกลโอห์มมิเตอร์พอดี ทางขวามือสุดของสเกล) ซึ่งเป็นค่าพอเหมาะของตัวต้านทานปรับค่าได้ R_{adj} ที่ต้องการใช้ในวงจร ค่าความต้านทาน R_{adj} ที่พอเหมาะหาได้จากการคำนวณด้วยกฎของโอห์ม

3. การหาสเกลโอห์มมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์ที่สร้างมาใช้งาน สร้างขึ้นมาจากดีซีแอมมิเตอร์ โดยอาศัยสภาวะการจำกัดกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานที่มีค่าแตกต่างกัน ควบคุมให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านดีซีแอมมิเตอร์แตกต่างกัน การปรับเปลี่ยนสเกลของดีซีแอมมิเตอร์ให้เป็นสเกลของโอห์มมิเตอร์ ทำได้โดยการกำหนดค่าความต้านทานของตัวต้านทานหลายๆ ค่า จากค่าน้อยไปหาค่ามากตามลำดับ นำไปต่อเข้ากับจุดต่อวัดขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ของโอห์มมิเตอร์ที่ปรับแต่งให้พร้อมใช้งานแล้ว และใช้กฎของ

โอห์มคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านดีซีแอมมิเตอร์ แต่ละค่าที่ต่อตัวต้านทานเข้าวัดค่าในวงจร วงจรใช้คำนวณสเกลของโอห์มมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์ต่อเพิ่มตัวต้านทานทราบค่าความต้านทานเพื่อปรับเปลี่ยนสเกลดีซีไมโครแอมมิเตอร์ให้เป็นสเกลโอห์มมิเตอร์ ต่อตัวต้านทาน R มีค่าความต้านทานต่ำเข้าวงจร เข็มชี้ของดีซีไมโครแอมมิเตอร์บ่ายเบนไปทางขวามาก ทำให้ตำแหน่งความต้านทานค่าต่ำ สเกลของโอห์มมิเตอร์อยู่ทางขวามือ เมื่อต่อตัวต้านทาน R มีค่าความต้านทานค่อยๆ สูงขึ้นเข้าวงจร เข็มชี้ของดีซีไมโครแอมมิเตอร์บ่ายเบนไปทางขวาน้อยลง เคลื่อนตัวอยู่ประมาณกลางสเกลทำให้ตำแหน่งความต้านทานที่สูงขึ้นสเกลของโอห์มมิเตอร์ค่อยๆ เคลื่อนตัวมาทางซ้ายของสเกล ถ้าต่อตัวต้านทาน R มีค่าความต้านทานสูงเพิ่มขึ้นไปอีกเข้าวงจร เข็มชี้ของดีซีไมโครแอมมิเตอร์ยิ่งบ่ายเบนน้อยลงชี้ค่าอยู่ทางซ้ายของสเกลมากขึ้น จนอาจทำให้เข็มชี้ของดีซีไมโครแอมมิเตอร์ไม่บ่ายเบนชี้ค่าที่ตำแหน่งซ้ายสุดของสเกล เมื่อตัวต้านทานที่นำต่อมีค่าความต้านทานมากเกินไปเข้าวงจร นำค่าความต้านทานที่ได้แต่ละค่าเขียนแทนค่ากระแสไฟฟ้าที่บอกไว้ ก็จะได้สเกลของโอห์มมิเตอร์ออกมา

สเกลหน้าปัดโอห์มมิเตอร์ เป็นสเกลบอกปริมาณไฟฟ้าที่วัดได้ออกมาเป็นค่าโอห์ม (Ω) ที่มีช่องสเกลห่างไม่เท่ากัน ลักษณะสเกลไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) สาเหตุเกิดจากการต่อตัวต้านทานเพิ่มเข้าไปในวงจรโอห์มมิเตอร์ มีผลต่อค่าความต้านทานรวมในวงจรโอห์มมิเตอร์เปลี่ยนแปลง ค่าความต้านทานที่ต่อเพิ่มเข้าไปจำกัดกระแสไฟฟ้าให้ไหลในดีซีไมโครแอมมิเตอร์เปลี่ยนแปลงไม่เป็นเชิงเส้นตามค่าความต้านทานที่ต่อเพิ่มเข้าวงจร จึงส่งผลให้สเกลของโอห์มมิเตอร์ไม่เป็นเชิงเส้นตามไปด้วย

ค่าความต้านทานที่แสดงไว้บนสเกลโอห์มมิเตอร์ แตกต่างไปจากสเกลของโวลต์มิเตอร์หรือแอมมิเตอร์ เพราะจะมีตำแหน่งค่าต่ำสุดอยู่ทางขวา (0Ω) และมีตำแหน่งค่าสูงสุดอยู่ทางซ้าย ($\infty \Omega$) สเกลไม่เป็นเชิงเส้น และมีสเกลใช้ในการอ่านค่าความต้านทานเพียงสเกลเดียว

2.2 เทคโนโลยีเสมือนจริง

เทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality Technology) เป็นวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่เริ่มจากการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับ การทหารและจำลองการบินของประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ.1960-1969 ปัจจุบันเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ เช่น ทางด้านวิศวกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ ด้านบันเทิง เป็นต้น และมีการแบ่งประเภทของระบบความจริงเสมือนตามพื้นฐานวิธีที่ติดต่อกับผู้ใช้ (วัฒนธรรมอ่อน. 2551 : 169) ดังนี้

1. Desktop VR หรือ Window on World Systems (WoW) เป็นระบบความจริงเสมือนที่ใช้จอภาพของคอมพิวเตอร์ในการแสดงผล
2. Video Mapping เป็นการนำวีดีโอมาเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือนำเข้าข้อมูลของผู้ใช้ และใช้กราฟิกคอมพิวเตอร์นำเสนอการแสดงผลในโมเดลแบบสองมิติหรือสามมิติ โดยผู้ใช้งานจะเห็นตัวเองและเปลี่ยนแปลงตัวเองจากจอภาพ
3. Immersive Systems เป็นระบบความจริงเสมือนสำหรับผู้ใช้งานส่วนบุคคล โดยผู้ใช้งานอุปกรณ์ประเภทจอภาพสวมศีรษะ (Head-Mounted Display หรือ HMD) ได้แก่ หมวกเหล็กหรือหน้ากากมาใช้จำลองภาพและการได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Telepresence เป็นระบบความจริงเสมือนที่มีการนำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณระยะไกลที่อาจติดตั้งกับหุ่นยนต์เชื่อมต่อการใช้งานกับผู้ใช้งาน

5. Augmented / Mixed Reality Systems เป็นการผสมผสานระหว่าง Telepresence ระบบความจริงเสมือนและเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้

2.2.1 ความหมายของเทคโนโลยีเสมือนจริง

พุทธิพงศ์ จิตรปฎิมา (2542) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นการใช้อุปกรณ์สร้างสถานที่เทียมซึ่งดูเสมือนจริง สถานที่เหล่านี้เรียกว่า โลกเสมือนจริง (Virtual World) ซึ่งเราสามารถสำรวจโลกได้อย่างเสรีไปในที่ที่ต้องการ และยังสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุต่าง ๆ ได้เหมือนจริง ทั้งนี้เกิดจากการสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติทั้งสิ้น เพื่อสนองตอบประสาทสัมผัสของมนุษย์ทันทีในเวลานั้น คือ มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทันทีตามการกระทำของผู้ใช้ และเมื่อเรากระทำบางอย่าง เช่น เข้าใกล้วัตถุวัตถุนั้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

กิดานันท์ มลิทอง (2543) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นกลุ่มเทคโนโลยีเชิงตอบโต้ที่ผลักดันให้ผู้ใช้เกิดความรู้สึกเสมือนเข้าร่วมอยู่ภายในสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้มีอยู่จริง หากแต่มีการสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ พัฒนาการของความจริงเสมือนได้รับอิทธิพลมาจากแนวคิดง่าย ๆ หากแต่มีอำนาจมากเกี่ยวกับการที่จะนำเสนอสารสนเทศอย่างไรให้ดีที่สุดนั่นคือ ถ้าผู้ออกแบบสามารถให้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่มีความค่อยเป็นค่อยไปในปฏิสัมพันธ์กับโลกทางกายภาพซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ล้อมรอบตัวเราแล้ว มนุษย์ก็จะสามารถรับและเข้าใจสารสนเทศได้ง่ายขึ้นถ้าสารสนเทศนั้นกระตุ้นการรับรู้สัมผัสของผู้รับ

ไพฑูริย์ ศรีฟ้า (2555) กล่าวว่า เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality Technology หรือ AR) เป็นเทคโนโลยีผสมผสานเอาโลกแห่งความจริง (Reality) และความเสมือนจริง (Virtual) เข้าด้วยกันผ่านวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Computer, Tablet, Smartphone, Webcam, Marker รวมไปถึงอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต มอนิเตอร์ โปรเจ็คเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผลที่ใช้งาน โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมได้ทันที อาจมีลักษณะเป็นภาพนิ่ง 3 มิติดูได้รอบด้าน ภาพเคลื่อนไหว และรวมถึงภาพเคลื่อนไหวที่มีเสียงประกอบด้วย

จากการให้ความหมายและคำจำกัดความจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่านดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ความจริงเสมือน เป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กราฟิกที่สร้างสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นภาพที่ดูเสมือนจริงโดยจะแสดงผลทางอุปกรณ์แสดงผลที่ใช้ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต มอนิเตอร์ เป็นต้น

2.2.2 ประเภทของเทคโนโลยีเสมือนจริง

เทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถแบ่งประเภทตามส่วนวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น 2 ประเภทได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยมาร์คเกอร์เป็นหลักในการทำงาน (Marker Based Augmented Reality)
2. การวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less Based Augmented Reality)

2.2.3 องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริง

องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริงแบบอาศัยมาร์คเกอร์ในการทำงานประกอบด้วย

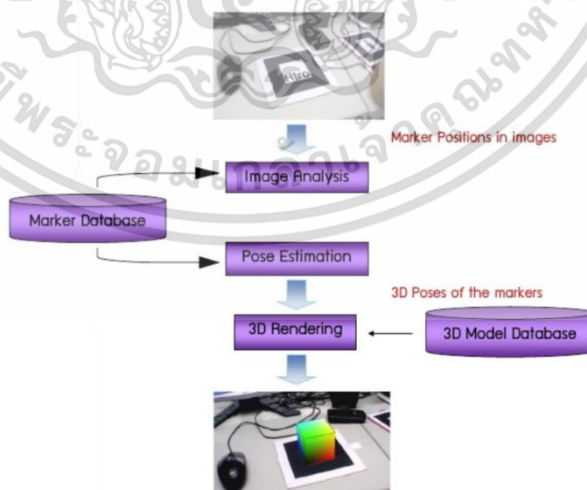
1. มาร์คเกอร์ (Marker) หรือเรียกว่ามาร์คอัพ (Markup) หรือเออาร์โค้ด (AR-Code)
2. ตัวจับสัญญาณภาพ เช่น กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ
3. ส่วนแสดงผล เช่น จอภาพครอบศีรษะ จอภาพคอมพิวเตอร์ จอภาพโทรศัพท์มือถือ
4. ซอฟต์แวร์ในส่วนการประมวลผลเพื่อสร้างภาพหรือวัตถุแบบสามมิติ

พื้นฐานหลักของ AR จำเป็นต้องรวบรวมหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detection) การตรวจจับการเต้นหรือการเคาะ (Beat Detection) การจดจำเสียง (Voice Recognize) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยนอกจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่าน Motion Detect แล้วการตอบสนองบางอย่างของระบบผ่านสื่ออื่น ต้องมีการตรวจจับเสียงของผู้ใช้และประมวลผลด้วยหลักการ Beat Detection เพื่อเป็นการสร้างจังหวะในการสร้างทางเลือกแก่ระบบ เช่น เสียงในการสั่งให้ตัว Interactive Media ทำงาน ทั้งนี้การสั่งการด้วยเสียงจัดว่าเป็น AR และในส่วนของการประมวลผลภาพนั้น เป็นส่วนเสริมจากงานวิจัย ซึ่งเป็นส่วนย่อยของ AR เพราะเน้นไปที่การทำงานของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent : AI) ในการสื่อสารมัลกับผู้ใช้บริการผ่านสีและรูปภาพ (พินิตา ตันศิริ. 2553 : 169-175)

2.2.4 กระบวนการของเทคโนโลยีเสมือนจริง

โดยกระบวนการภายในของเทคโนโลยีเสมือนจริงประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์ (Marker) จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของมาร์คเกอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของมาร์คเกอร์
2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) ของมาร์คเกอร์เทียบกับกล้อง



ภาพที่ 2.6 แผนภาพกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีวัตถุเสมือนจริง

ที่มา : <https://www.slideshare.net/fantameet/augmented-reality-12726680>

3. กระบวนการสร้างภาพสองมิติจากโมเดลสามมิติ (3D rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้ จนได้ภาพกราฟิกไปซ้อนทับรูปจริงแสดงดังภาพที่ 2.6

2.2.5 HP Reveal

HP Reveal เป็นหนึ่งในหลายแอปพลิเคชันสำหรับพัฒนาเทคโนโลยีวัตถุเสมือนจริงจุดเด่นของแอปพลิเคชันอยู่ที่การสร้างภาพสามมิติ ทำให้ภาพที่ซ้อนขึ้นในโลกจริงค่อนข้างเสมือนจริงจึงสามารถใช้จำลองวัตถุทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดีกับงานหลายแขนง การแสดงภาพสามมิติและการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนนั้นทำให้ HP Reveal เป็นแอปพลิเคชันเทคโนโลยีวัตถุเสมือนจริงที่มีความนิยมค่อนข้างสูงทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS และแอนดรอยด์

1. คุณสมบัติของ HP Reveal

HP Reveal เป็นเทคโนโลยีที่ผสมโลกเสมือนจริงที่สร้างขึ้นทำให้นutzerเข้าถึงข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสด้วย HP Reveal ให้ปรากฏเห็นภาพผ่านหน้าจออุปกรณ์ประเภท Smart Devices เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต โดยจะต้องใช้กล้องทางด้านหลังของตัวเครื่อง โดยไม่ต้องใช้มาร์คเกอร์ (Marker) ซึ่งไม่ต้องเขียนโปรแกรมควบคุม ทำให้ HP Reveal นั้นใช้งานได้และสะดวก อีกทั้งยังสามารถประยุกต์เป็นสื่อได้หลากหลาย (ไพฑูริย์ ศรีฟ้า : 2555)

2. การประยุกต์ใช้ HP Reveal ในการเรียนการสอน

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านสื่อการเรียนการสอนเป็นไปอย่างรวดเร็ว กระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูเองก็จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามกัน สื่อการสอนที่หลากหลายสามารถดึงดูดความสนใจด้านการเรียนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี การสร้างสื่อการเรียนการสอนด้วยแอปพลิเคชัน HP Reveal เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงจุดประสงค์ของเนื้อหาบทเรียนได้อย่างดี ยังช่วยลดปัญหาการที่ผู้เรียนไม่สามารถตามเพื่อนร่วมห้องทันได้ เพราะผู้เรียนสามารถนำอุปกรณ์สื่อสารของตนเองเรียนรู้เนื้อหาที่ไม่สามารถเข้าใจได้ในห้องเรียนด้วยรูปแบบทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว (ไพฑูริย์ ศรีฟ้า : 2555)

2.3 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม

ในการออกแบบสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดแบบ ADDIE ของ Seels, B. & Glassgow, Z (อ้างอิงใน ศนญา สีก่อ้ม. 2559)

ADDIE คือ กระบวนการออกแบบระบบการเรียนการสอนโดยมีขั้นตอนการออกแบบตามรูปแบบ ADDIE Model โดยอาศัยหลักของวิธีการระบบ (System Approach) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็น CAI/CBT, WBI/WBT หรือ e-Learning เป็นกระบวนการพัฒนารูปแบบการสอนที่นักออกแบบการเรียนการสอนและพัฒนาการฝึกอบรมนิยมใช้กันเพื่อวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การดำเนินการให้เป็นผล และการประเมินผลของสารปัจจัยและกิจกรรมการเรียน

การออกแบบการสอนมุ่งหมายเพื่อวิธีการสอนที่ยึดถือผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมากกว่าวิธีการยึดถือผู้สอนเป็นศูนย์กลาง จนกระทั่งการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นเป็นกระบวนการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสอนที่กระทำวนซ้ำใหม่ในที่ผลของการประเมินเพื่อพัฒนาของแต่ละขั้นตอนที่ชี้แนะให้นักออกแบบการสอนพิจารณากลับไปขั้นตอนก่อนหน้าผลิตผลขั้นสุดท้ายของขั้นตอนหนึ่งๆ เป็นผลิตผลเริ่มต้นของขั้นตอนต่อไปซึ่ง ADDIE Model (Richey.1986 : 96 และ Seels and Glasgow. 1997 : 99) ได้มีลำดับการพัฒนาเป็น 5 ขั้น ซึ่งประกอบไปด้วย

1. การวิเคราะห์ (A: Analysis)
2. การออกแบบ (D: Design)
3. การทดลองใช้ (D: Development)
4. การทดลองใช้ (I: Implementation)
5. การประเมินผล (E: Evaluation)

ซึ่งแต่ละขั้นตอนเป็นแนวทางที่มีลักษณะที่ยืดหยุ่น เพื่อให้สามารถนำไปสร้างเป็นเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยรอดเดอร์ริคซิมส์ (Roderic Sims) แห่งมหาวิทยาลัยซิดนีย์ (University of Technology Sydney) ได้นำรูปแบบ ADDIE มาปรับปรุงขั้นตอนให้เป็นขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยครอบคลุมสาระสำคัญในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (A: Analysis)

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาการเรียนการสอนเป้าหมายของรูปแบบการสอนและวัตถุประสงค์ที่จะสร้างขึ้นตลอดจนสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนที่จำเป็นต้องมีโดยพิจารณาจากคำถามเพื่อการวิเคราะห์ดังนี้

1. ใครคือกลุ่มเป้าหมายและเขาต้องมีคุณลักษณะอย่างไร
2. ระบุพฤติกรรมใหม่ที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เรียน
3. มีข้อจำกัดในการเรียนรู้ที่มีอยู่อะไรบ้าง
4. อะไรที่เป็นทางเลือกสำหรับการเรียนรู้ที่มีอยู่บ้าง
5. หลักการสอนที่พิจารณาเป็นแบบไหน อย่างไร
6. มีช่วงเวลาการพัฒนาเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (D: Design)

ขั้นตอนการออกแบบประกอบด้วย การสร้างจุดประสงค์การเรียนรู้กำหนดเครื่องมือวัดประเมินผล แบบฝึกหัด เนื้อหา วางแผนการสอนและเลือกสื่อการสอน ขั้นตอนการออกแบบควรจะทำอย่างเป็นระบบและเฉพาะเจาะจง โดยความเป็นระบบนี้หมายถึงตรรกะมีระเบียบแบบแผนของการจำแนก การพัฒนาและการประเมินแผนกลยุทธ์ที่วางไว้เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย สำหรับความเฉพาะเจาะจงหมายถึงแต่ละองค์ประกอบของการออกแบบรูปแบบการสอนจะต้องเอาใจใส่ทุกรายละเอียด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบ Courseware (การออกแบบบทเรียน) ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา แบบทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) สื่อ กิจกรรม วิธีการนำเสนอและแบบทดสอบหลังบทเรียน (Post-test)

2. การออกแบบผังงาน (Flowchart) และการออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard)

3. การออกแบบหน้าจอภาพ (Screen Design) การออกแบบหน้าจอภาพหมายถึง การจัดพื้นที่ของจอภาพเพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหา ภาพ และส่วนประกอบอื่นๆ สิ่งที่ต้องพิจารณามีดังนี้

- 3.1 การกำหนดความละเอียดภาพ (Resolution)

- 3.2 การจัดพื้นที่แต่ละหน้าจอภาพในการนำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเลือกรูปแบบและขนาดของขนาดของตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.4 การกำหนดสี ได้แก่ สีของตัวอักษร (Font Color) สีของฉากหลัง (Background) สีของส่วนอื่น

3.5 การกำหนดส่วนอื่นๆ ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้บทเรียน

บุคลากรที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนได้แก่ ผู้จัดการโครงการ ผู้ออกแบบโครงการ ผู้ออกแบบระบบการสอน ผู้ประเมินโครงการ โปรแกรมเมอร์ ผู้ออกแบบกราฟิก และผู้ผลิตบทเรียน

ขั้นที่ 3 การพัฒนา (D: Development)

ขั้นตอนการพัฒนาคือขั้นที่ผู้ออกแบบสร้างส่วนต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นของการออกแบบซึ่งครอบคลุมการสร้างเครื่องมือวัดผลประเมินผล สร้างแบบฝึกหัด สร้างเนื้อหา และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสื่อการสอน เมื่อเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดเพื่อนำผลไปปรับปรุงแก้ไข จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ สร้างแผนการสอนและสื่อของบทเรียนในระหว่างขั้นตอนนี้คุณจะต้องพัฒนาการสอนและสื่อทั้งหมดที่ใช้ในการสอน และเอกสารสนับสนุนต่างๆ สิ่งเหล่านี้อาจประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วยรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้

1. การเตรียมการ เกี่ยวกับองค์ประกอบดังนี้

1.1 การเตรียมข้อความ

1.2 การเตรียมภาพ

1.3 การเตรียมเสียง

1.4 การเตรียมโปรแกรมจัดการบทเรียน

2. การสร้างบทเรียน หลังจากได้เตรียมข้อความ ภาพ เสียง และส่วนอื่น เรียบร้อยแล้วขั้นต่อไปเป็นการสร้างบทเรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดการเพื่อเปลี่ยน Story Board ให้

กลายเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3. การสร้างเอกสารประกอบการเรียนหลังจากสร้างบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นต่อไปจะเป็นการตรวจสอบและทดสอบความสมบูรณ์ขั้นตอนของบทเรียน

ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการพัฒนา มีดังนี้

3.1 วัสดุประกอบการเรียน (Adjunct Materials)

3.2 ตัวบทเรียน ประกอบด้วย ข้อความ กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง วิดีทัศน์และการปฏิสัมพันธ์ รวมทั้งเอกสารประกอบบทเรียน

3.3 โปรแกรมการจัดการบทเรียน

ขั้นที่ 4 การทดลองใช้ (I: Implementation)

ในขั้นตอนการดำเนินการนี้ หมายถึง ขั้นของการสอนโดยอาจจะเป็นรูปแบบชั้นเรียน การฝึกอบรม หรือห้องทดลอง หรือรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยจุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

1. ติดตั้งบทเรียน (Installation)

2. จัดตารางเวลาพร้อมปรับปรุงหลักสูตร (Scheduling and Syllabus Adjustment)

3. ลงทะเบียนเรียนและบริหารบทเรียน (Enrollment and Administration)

4. ปฐมนิเทศผู้เรียน (Orientation)

5. วางแผนการสนับสนุนจากผู้สอน (Instructor Plans Facilitation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จัดสิ่งสนับสนุนบทเรียน (Facilitation of Course)

ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการทดลองใช้ ดังนี้

6.1 บัญชีรายชื่อชั้นเรียน (Class Roster)

6.2 การเรียนการสอน (Instructional)

6.3 แผนการสนับสนุน จากผู้สอน (Instructor's Facilitation Plan)

บุคลากรที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ ได้แก่ ผู้สอน ผู้เรียน ผู้บริหารหลักสูตรและฝ่ายสนับสนุนด้านเทคนิค

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (E: Evaluation)

ขั้นการประเมินผลประกอบด้วยสองส่วนคือ การประเมินผลรูปแบบ (Formative) และการประเมินผลในภาพรวม (Summative) การประเมินผลรูปแบบคือ การนำเสนอในแต่ละขั้นของ ADDIE Process ซึ่งเป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนา และการประเมินผลในภาพรวมจะทำเมื่อการสอนเสร็จสิ้น เพื่อประเมินผลประสิทธิผลการสอนทั้งหมดข้อมูลจากการประเมินผลรวมโดยปกติมักจะถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบการสอน

1. จัดทำเอกสารโครงการ (Documenting Project)
2. ทดสอบบทเรียน (Testing)
3. ปรับบทเรียนให้ใช้งานได้ (Validation)
4. ประเมินผลกระทบ (Conducting Impact Evaluation)

ผลลัพธ์ที่จะได้จากขั้นตอนประเมินผลมีดังนี้

4.1 เอกสารโครงการ (Documentation) ได้แก่ บันทึกข้อมูลด้านเวลา (Record Time Data) รายงานผู้ใช้บทเรียนและผู้ควบคุม (Trainees and Supervisors Report) และผลสรุปของข้อคำถามบทเรียน (Course Review Question Results) เป็นต้น

4.2 คุณภาพของบทเรียน (Quality) ได้แก่ ประสิทธิภาพ (Efficiency) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน (Effectiveness) และความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นต้น

4.3 รายงานผลกระทบของบทเรียน (Impact Evaluation Report) บุคลากรที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ ได้แก่ ผู้จัดการโครงการ ผู้ออกแบบระบบการสอน ผู้ประเมินโครงการ โปรแกรมเมอร์ และผู้เชี่ยวชาญ

2.4 การหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม

2.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหาบทเรียน

ไพโรจน์ ตรีธนากุล และคณะ. (2546 : 197-214) กล่าวว่า การสร้างบทเรียนทางไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ผู้สร้างควรพิจารณา และสามารถตอบคำถามต่างๆ เหล่านี้ได้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการสร้างบทเรียน ดังนี้ (อ้างอิงใน ขวลิขิต พุ่มดอกไม้. 2557 : 29-32)

1. เนื้อหาวิชาที่จะสร้างบทเรียนจะคงตัวไปนานเท่าไร
2. บทเรียนที่จะสร้างมีขายสำเร็จรูปหรือมีผู้สร้างไว้หรือยัง
3. บทเรียนที่จะสร้างลดภาระการสอนได้จริงหรือไม่
4. มีจำนวนผู้เรียนมากพอหรือไม่
5. การสร้างบทเรียนสามารถสร้างให้เสร็จได้ภายในระยะเวลาที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผลลัพธ์คุ้มกับการลงทุนหรือไม่
7. การวัดจะเกิดปัญหาต่อเนื้ออย่างไร หรือไม่
8. การสร้างบทเรียนจะใช้รูปแบบโปรแกรมแบบเรียงลำดับหรือแบบแตกแขนงจึงจะเหมาะสม

9. มีความเข้าใจ และทักษะในการสร้างบทเรียนอย่างแท้จริงแล้วหรือยัง

ในการตรวจสอบลำดับเนื้อหาจะมีการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ

1. การตรวจสอบความต่อเนื่องของเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เดียวกัน เพื่อดูว่ามีความเหมาะสมต่อเนื่องกันหรือไม่ และตอบสนองวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมครบถ้วนหรือไม่

2. การตรวจสอบความเชื่อมโยงของเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เพื่อดูว่าการเชื่อมโยงของเนื้อหาแต่ละหน่วยเป็นไปตามที่ได้วิเคราะห์ไว้หรือไม่

ภายหลังจากการตรวจสอบลำดับของเนื้อหาอย่างถูกต้องแล้วให้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่พัฒนาขึ้น โดยทำ 2 ด้านต่อเนื่องกัน คือ

1. การตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็นการรับรองคุณภาพเนื้อหานั้นว่าถูกต้องก่อนที่จะนำไปพัฒนาเป็นบทเรียนการตรวจสอบนั้นอาจจะใช้ผู้เชี่ยวชาญประเมินลงในกรอบการสอน หรือประเมินควบคู่กับแบบฟอร์มที่เป็นปลายเปิด

2. นำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมายที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ ภายหลังจากการประเมินความถูกต้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ และปรับแก้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือนำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมายที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจในการเรียนเนื้อหา และการสื่อความหมายของสำนวนที่ใช้ตลอดจนรูปแบบที่สื่อความหมายต่อผู้เรียน ในขั้นนี้จะต้องใช้กลุ่มเป้าหมายจริง โดยคัดเลือกประมาณ 9-12 คน ให้ทดลองเรียนเนื้อหา และหากสงสัยหรือไม่เข้าใจตรงไหนให้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งหลังจากปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์แล้วถือว่าจบขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

2.4.2 การตรวจสอบคุณภาพของการนำเสนอบทเรียน

เป็นการตรวจสอบคุณภาพในการออกแบบการสอน (Instructional design) และและการวางแผนซึ่งจะต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับเนื้อหา และกลุ่มเป้าหมาย โดยเลือกวิธีการสอน สื่อการสอน ที่เหมาะสมมาใช้นั่นเอง

เป้าหมายสำคัญในการออกแบบ คือ การให้ผู้เรียนเกิดความเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้ใน การออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงกระบวนการนำเสนอทั้งหมดซึ่งจะมีการนำเข้าบทเรียน การนำเสนอเนื้อหาสาระ การทบทวนเสริมความเข้าใจ และการสรุปบทเรียน รวมทั้งการใช้เทคนิควิธีการสอน การใช้สื่อต่างๆ ที่เหมาะสม และสิ่งสำคัญที่การออกแบบทั่วไปไม่มีก็คือจะต้องออกแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่คอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยในการกำหนดกลวิธีในการนำเสนอ และเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหานั้นผู้ดำเนินการเรียนควรเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญใน 2 ด้าน คือ เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ร่วมด้วย

ในการออกแบบบทเรียนนั้นจำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญด้านต่างๆ ดังนี้ ความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เทคนิคการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน การเลือกใช้สื่อมัลติมีเดียอย่างเหมาะสม และมีความรู้ในการวัดผลการเรียนอย่างมีประสิทธิภาพดังนั้น ควรทำงานเป็นทีมทั้งผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ทางด้านการออกแบบการสอน (Instructional Design) และทางด้านมัลติมีเดียด้วย แต่หาก

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาที่มีความชำนาญในการออกแบบบทเรียน และมัลติมีเดียด้วย ก็สามารถดำเนินการด้วยตนเองได้

2.4.3 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

หลังจากเขียนข้อสอบได้ตามจำนวนที่ต้องการแล้ว ต้องนำข้อสอบที่เขียนเสร็จแล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. นำข้อสอบที่เสร็จแล้วมาตรวจสอบ โดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เพื่อพิจารณาการใช้ภาษาสำนวนในการสื่อความหมายต่างๆ และตรวจสอบความถูกต้องตามหลักการออกแบบข้อสอบทำการตรวจทานรายละเอียดที่กล่าวมาให้เรียบร้อย หากข้อสอบนั้นต้องปรับปรุงแก้ไขก็ต้องเขียนข้อปรับปรุงลงไปในด้านหลังของบัตรออกข้อสอบนั้น

2. ภายหลังจากสร้างแบบทดสอบเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบหาคุณภาพของแบบทดสอบ จะเป็นกลุ่มที่มีความรู้ หรือเคยเรียนเนื้อหานั้นมาแล้วแต่หากเป็นการพัฒนาเนื้อหาใหม่หรือหลักสูตรใหม่ที่ยังไม่เคยมีใครศึกษามาก่อน ก็ควรจัดสอบเนื้อหานั้นให้กับกลุ่มตัวอย่างก่อน แล้วจึงนำมาทดสอบหาคุณภาพของแบบทดสอบนั้น จึงจะถือว่าเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพโดยจะทำการวิเคราะห์ข้อสอบดังนี้ การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อหาค่าความยากง่ายของข้อสอบ โดยข้อสอบที่ดีจะต้องไม่ยากจนเกินไป และไม่ง่ายจนเกินไป โดยทั่วไปแล้วจะนำแบบทดสอบแต่ละข้อมาคำนวณหาความง่าย ซึ่งแสดงคุณสมบัติของข้อสอบชุดนั้นว่านักเรียนทำถูกกี่คนในจำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมดนั้น การวิเคราะห์ข้อสอบหาอำนาจจำแนกข้อสอบ เป็นค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงว่าข้อสอบข้อนั้นทั้งหมด สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่มีคะแนนสูงหรือเก่ง กลุ่มที่ได้คะแนนต่ำหรือกลุ่มอ่อน ค่าอำนาจจำแนกที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง +1 โดยทั่วไปแล้วข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกใช้ได้จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 ถ้าข้อสอบนั้นมีค่าอำนาจจำแนกใกล้ +1 ก็แสดงว่าข้อสอบนั้นสามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ถูกต้องสูงมาก และถ้าข้อใดมีอำนาจจำแนกเป็นลบหรือค่าใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบนั้นจำแนกคนเก่งคนอ่อนได้ไม่ดี การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ คือค่าคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบนักเรียนคนเดียวกันหลายครั้งในแบบทดสอบชุดเดิม ค่าความเชื่อมั่นนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 และพิจารณาเฉพาะค่าที่เป็นบวกเท่านั้นซึ่งควรจะมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นได้

2.4.4 การตรวจสอบคุณภาพด้านมัลติมีเดีย

เป็นการตรวจสอบคุณภาพด้านมัลติมีเดียของบทเรียนที่สร้างเสร็จแล้ว โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านมัลติมีเดียเป็นผู้ตรวจสอบ ซึ่งอาจจะตรวจสอบสื่อต่างๆ เช่น สีของอักษร และพื้นหลังว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ คุณภาพของเสียงดีหรือไม่ ภาพที่นำมาใช้มีความชัดเจน และมีขนาดภาพที่เหมาะสมหรือไม่ การออกแบบหน้าจอ รวมไปถึงการเชื่อมโยงของกรอบการสอนในแต่ละกรอบภายหลังจากตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว นำมาปรับปรุงให้สมบูรณ์ก็จะได้บทเรียนที่พร้อมจะนำไปทดลองหาประสิทธิภาพต่อไป

ในการตรวจสอบคุณภาพด้านมัลติมีเดียของบทเรียนที่สร้างเสร็จแล้วจะตรวจสอบใน 2 ด้าน คือ

1. ตรวจสอบคุณภาพด้านสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียและนักเทคโนโลยีทางการศึกษาหรือเทียบเท่า ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดีย เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียทางการศึกษา มีหน้าที่ในการให้คำปรึกษาด้านการผลิตกับเจ้าหน้าที่เทคนิค รวมทั้งมีหน้าที่ในการตรวจสอบคุณภาพของสื่อ และเทคนิคในการนำเสนอบทเรียนที่สร้างขึ้น อาจจะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียหรือนักเทคโนโลยีการศึกษา

2. ตรวจสอบคุณภาพทางด้านเนื้อหาบนหน้าจอ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียนนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อตรวจสอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ การสอนที่สร้างขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการตรวจสอบที่ผ่านมา คือเน้นเนื้อหาที่จัดเตรียมบนกระดาษ การตรวจจุดนี้เน้นการตรวจสอบตัวบทเรียนที่แสดงบนคอมพิวเตอร์แล้วหรือ (Computer Instruction) ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสื่อ การนำเสนอหน้าจอความสมบูรณ์ในด้านการเชื่อมโยงเนื้อหา และเทคนิคต่างๆ เช่น ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของบทเรียน เป็นต้น

นอกจากการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียนด้านดังกล่าว จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาอีกครั้ง เนื่องจากในการจัดลงโปรแกรมอาจมีความคลาดเคลื่อนจากสิ่งที่เข้าใจไม่ตรงกัน ดังนั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของการนำเสนอเนื้อหา ความถูกต้องของสื่อประกอบเนื้อหาต่างๆ ที่รวมทั้งกาตรวจสอบความถูกต้องอื่นๆ ซึ่งอาจจะเกิดจากความผิดพลาดขณะเขียนโปรแกรมนำมาใช้ในหน่วยการเรียนรู้

จะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีบทบาทสำคัญมากในการผลิตบทเรียน เพราะจะต้องดูแลการผลิตในด้านเนื้อหาอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่ขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาจนกระทั่งผลิตออกมาเป็นบทเรียน ซึ่งสิ่งนี้จะทำให้มั่นใจได้ว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง

โดยปกติแล้วในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียนจะต้องมีเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้เพื่อให้มีเกณฑ์ในการพิจารณาที่เป็นเกณฑ์เดียวกัน ในเนื้อหานี้จึงขอเสนอเกณฑ์หัวข้อหลักๆ ที่ควรคำนึงถึงในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน

เกณฑ์ในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน โดยการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 2 ด้าน คือ

1. การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
 - การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ได้แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ส่วน คือ
 - 1.1 เกณฑ์ตรวจสอบเนื้อหา
 - 1.1.1 ความถูกต้องของการนำเสนอเนื้อหาบนหน้าจอ
 - 1.1.2 ความถูกต้องของเนื้อหาที่นำเสนอโดยสื่อที่เหมาะสม
 - 1.1.3 ความถูกต้องของวิธีปรากฏสื่อ
 - 1.2 เกณฑ์ตรวจสอบการปฏิสัมพันธ์
 - 1.2.1 การปฏิสัมพันธ์ในบทเรียน
 - 1.2.2 การปฏิสัมพันธ์ในแบบฝึกหัด
 - 1.2.3 การปฏิสัมพันธ์ในแบบทดสอบ
 - 1.3 เกณฑ์ตรวจสอบโครงสร้างของบทเรียน
 - 1.3.1 โครงสร้างของบทเรียนเป็นไปตามที่ออกแบบไว้
 - 1.3.2 วิธีการเข้าถึงเนื้อหาว่าง่ายและสะดวก
 - 1.3.3 การเชื่อมโยงเนื้อหาเหมาะสม เข้าใจง่าย
 - 1.3.4 ความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยงและการเปลี่ยนหน้าจอเหมาะกับการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3.5 การออกจากโปรแกรมสะดวก
2. การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมีเดีย
 - 2.1 เกณฑ์พิจารณาการนำเสนอมีเดีย
 - 2.1.1 องค์ประกอบของหน้าจอ
 - 2.1.2 พื้นหลัง (Background)
 - 2.1.3 ตัวอักษร
 - 2.1.4 ปุ่มต่างๆ
 - 2.1.5 การเปลี่ยนหน้าจอ
 - 2.1.6 เสียงบรรยายชัดเจนหลักการอ่านถูกต้อง และสื่อความหมายได้ตามเนื้อหา
 - 2.1.7 ภาพประกอบ
 - 2.1.8 ภาพเคลื่อนไหว
 - 2.1.9 วิดีทัศน์
 - 2.2 เกณฑ์ตรวจสอบ
 - 2.2.1 การปฏิสัมพันธ์ในบทเรียน
 - 2.2.2 การปฏิสัมพันธ์ในแบบฝึกหัด
 - 2.2.3 การปฏิสัมพันธ์ในแบบทดสอบ
 - 2.3 โครงสร้างบทเรียน
 - 2.3.1 การเข้าถึงเนื้อหาง่าย
 - 2.3.2 ความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยงและการเปลี่ยนหน้าจอ
 - 2.3.3 การออกจากโปรแกรมสะดวก
 - 2.3.4 การให้โอกาสเลือกเรียนต่อจากครั้งก่อนได้

หลังจากที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของสื่อแล้ว หากมีสิ่งใดที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขตามนั้น และเมื่อแก้ไขเสร็จแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบหากถูกต้องก็ถือว่าใช้ได้ เป็นการประกันคุณภาพของบทเรียนว่ามีคุณภาพเชื่อถือได้ และผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริงต้องนำสื่อการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อดูว่าสื่อการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อการสอนในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นต้องนำสื่อการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2556 : 7-9) มีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

1. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายามและค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio between input, process and output)

ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใด ๆ อย่างถูกวิธี (Doing the thing right)

คำว่าประสิทธิภาพ มักสับสนกับคำว่า ประสิทธิภาพ (Effectiveness) ซึ่งเป็นคำที่คลุมเครือ ไม่เน้นปริมาณ และมุ่งให้บรรลุวัตถุประสงค์และเน้น การทำสิ่งที่ถูกต้อง (Doing the right thing) ดังนั้นสองคำนี้จึงมักใช้คู่กัน คือ ประสิทธิภาพ และ ประสิทธิภาพ

2. ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จึงหมายถึงการหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้น ตรงกับภาษาอังกฤษว่า "Developmental Testing"

Developmental Testing คือ การทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อหรือชุดการสอนตามลำดับขั้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงาน ให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและการทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้รับมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองขั้นตอนจะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นและอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพใช้จริงด้วยก็ได้เพื่อประกันคุณภาพของสถาบันการศึกษาทางไกลนานาชาติ

2.5.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

1. ความหมายของเกณฑ์

เกณฑ์ (Criterion) ชัดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดที่มีคุณภาพและ หรือ ปริมาณที่จะรับได้

การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนขอแบบสนาม ตั้งไว้ 80/80 ถือว่าเป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่

ถูกต้อง เนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ต้องปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2. ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ

หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีความดีที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

2.1 ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2.2 ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจำกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดว่าจะผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 เท่ากับประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.5.3 วิธีการคำนวณประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตรและโดยการคำนวณธรรมดา

1. โดยใช้สูตร กระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1 การคำนวณค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

$$E_1 = \frac{\sum x}{A} \times 100 \quad (2.7)$$

เมื่อ E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละบทเรียนรวมกัน

$\sum x$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N	คือ	จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด
A	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายหน่วย

สูตรที่ 2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

$$E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100 \quad (2.8)$$

เมื่อ E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้

N คือ จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการเรียนรู้

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น กระทำได้โดยการนำคะแนนรวมแบบฝึกปฏิบัติ หรือผลงานในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียน มาเข้าตารางแล้วจึงคำนวณหาค่า E_1/E_2

2. โดยใช้วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร

หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตรผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนสามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E_1 และ E_2 ได้ ด้วยวิธีการคำนวณธรรมดา

สำหรับ E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติ กระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ

สำหรับ E_2 คือ ประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอนกระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยละ เพื่อหาค่าร้อยละ

2.5.4 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไป

1. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1 : 1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน โดยทดลองกับผู้เรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรม หรือภารกิจและงาน ที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมาก ก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ทั้งนี้ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าประมาณร้อยละ 60/60

2. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1 : 10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6-10 คน (คณะผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์คือการทดสอบหลังเรียน และงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำก่อนสอบประจำหน่วย ให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณร้อยละ 10 นั่นคือ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าประมาณร้อยละ 70/70

3. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1 : 100) คือ การทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คนทดสอบประสิทธิภาพสื่อการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้ว ให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์คือการทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกินร้อยละ -2.5 ให้ยอมรับว่าสื่อการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่าร้อยละ -2.5 ให้ปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำ หากสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกินร้อยละ +2.5 ให้ยอมรับว่าสื่อการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มากกว่าร้อยละ +2.5 ให้ปรับปรุงเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น ตามค่าประสิทธิภาพที่ทดสอบประสิทธิภาพได้

2.5.5 การเลือกนักเรียนมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม

นักเรียนที่ผู้สอนจะเลือกมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน ควรเป็นตัวแทนของนักเรียนที่เราจะนำสื่อหรือชุดการสอนนั้นไปใช้ ดังนั้น จึงควรพิจารณาประเด็นต่อไปนี้

1. สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1 : 1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ครู 1 คนต่อเด็ก 1-3 คน ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนเสียก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กปานกลาง และนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่ง อย่างไรก็ตามหากเวลาไม่อำนวยและสภาพการณ์ไม่เหมาะสม ก็ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนหรือเด็กปานกลาง โดยไม่ต้องทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่งก็ได้ แต่การทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กทั้งสามระดับจะเป็นการสะท้อนธรรมชาติการเรียนรู้ที่แท้จริง ที่เด็กเก่ง กลาง อ่อนจะได้ช่วยเหลือกัน เพราะเด็กอ่อนบางคนอาจจะเก่งในเรื่องที่เด็กเก่งทำไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1 : 10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ครู 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็ก 6-12 คน โดยให้มีผู้เรียนคละกันทั้งเด็กเก่ง ปานกลาง เด็กอ่อน ห้ามทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนล้วน หรือเด็กเก่งล้วน ขณะทำการทดสอบประสิทธิภาพผู้สอน จะต้องจับเวลาด้วยว่ากิจกรรมแต่ละกลุ่มใช้เวลาเท่าไร ทั้งนี้เพื่อให้ทุกกลุ่มกิจกรรมใช้เวลาใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะการสอนแบบศูนย์การเรียนที่กำหนดให้ใช้เวลาเท่ากัน คือ 10-15 นาทีสำหรับเด็ก ประถมศึกษาและ 15-20 นาทีสำหรับเด็กมัธยมศึกษา

3. สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1 : 100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ใช้ครู 1 คน กับนักเรียนทั้งชั้น กับนักเรียน 30-40 คน (หรือ 100 คน สำหรับสื่อหรือชุดการสอน รายบุคคล) ชั้นเรียนที่เลือกมาทดสอบประสิทธิภาพจะต้องมีนักเรียนคละกันทั้งเก่งและอ่อน ไม่ควรเลือกห้องเรียนที่มีเด็กเก่ง หรือเด็กอ่อนล้วน

สัดส่วนที่ถูกต้องในการกำหนดจำนวนผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ควรยึดจำนวนจากการแจกแจงปกติ ที่จำแนกนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม คือ นักเรียนเก่งมาก (เหรียญเพชร) ร้อยละ 1.37 (1 คน) นักเรียนเก่ง (เหรียญทอง) ร้อยละ 14.63 (15 คน) นักเรียนปานกลาง (เหรียญเงิน) ร้อยละ 68 (68 คน) นักเรียนอ่อน (เหรียญทองแดง) ร้อยละ 14.63 (15 คน) และนักเรียนอ่อนมาก (เหรียญตะกั่ว) ร้อยละ 1.37 (1 คน)

เมื่อยึดการแจกแจงปกติเป็นเกณฑ์กำหนดจำนวนนักเรียนที่จะนำมาทดสอบประสิทธิภาพ สื่อและชุดการสอน ก็จะได้นักเรียนเก่งประมาณร้อยละ 16 นักเรียนปานกลางร้อยละ 68 และนักเรียนอ่อนร้อยละ 16

เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน ต้องใช้สถานที่ในการจัดกิจกรรม และใช้เวลามากกว่า สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม ควรใช้เวลาออกชั้นเรียนหรือแยกนักเรียนมาเรียนต่างหากจากห้องเรียน อาจเป็นห้องประชุมของโรงเรียน โรงอาหารหรือสนามได้ร่มไม้ก็ได้ ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพแบบภาคสนามควรใช้ห้องเรียนจริงแต่นักเรียนที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพต้องสุ่มนักเรียนแต่ละระดับมาจากหลายห้องเรียนในโรงเรียนเดียวกันหรือต่างโรงเรียน เพื่อให้ได้สัดส่วนจำนวนตามการแจกแจงปกติ ในกรณีที่ไม่สามารถหานักเรียนตามสัดส่วนการแจกแจงปกติได้ ผู้ทดสอบประสิทธิภาพอาจสุ่มแบบเจาะจง โดยใช้ห้องเรียนใดห้องเรียนหนึ่งทำการทดสอบประสิทธิภาพ แต่จะต้องระบุไว้ในข้อจำกัดของการวิจัยในบทนำและนำไปอภิปรายผลในบทสุดท้าย เพราะค่าประสิทธิภาพที่ได้แม้จะถึงเกณฑ์ที่กำหนดก็ถึงอย่างมีเงื่อนไข เพราะกลุ่มตัวอย่างมิได้สะท้อนสัดส่วนที่แท้จริงตามการแจกแจงปกติ

2.5.6 ข้อควรคำนึงในการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

เพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนได้ผลคุ้มค่า มีสิ่งที่คุณทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนควรคำนึง ดังนี้

1. การเลือกผู้เรียนเข้าร่วมการทดสอบประสิทธิภาพ ควรเลือกนักเรียนที่เป็นตัวแทนของนักเรียนที่ใช้สื่อหรือชุดการสอน ตามแนวทางการสุ่มตัวอย่างที่ถูกต้อง
2. การเลือกเวลาและสถานที่ทดสอบประสิทธิภาพ ควรหาสถานที่และเวลาที่ปราศจากเสียงรบกวน ไม่ร้อนอบอ้าว และควรทดสอบประสิทธิภาพในเวลาที่นักเรียนไม่หิวกระหาย ไม่รีบร้อนกลับบ้าน หรือไม่ต้องพะวักพะวนไปเข้าเรียนในชั้นอื่น

3. การชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการ ต้องชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนและการจัดห้องเรียนแบบศูนย์การเรียนรู้ หากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับวิธีการใช้สื่อหรือชุดการสอน

4. การรักษาสถานการณ์ตามความเป็นจริง สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามในชั้นเรียนจริง ต้องรักษาสภาพการณ์ให้เหมือนที่เป็นอยู่ในห้องเรียนทั่วไป เช่น ต้องใช้ครูเพียงคนเดียว ห้ามคนอื่นเข้าไปช่วย ผู้สังเกตการณ์ต้องอยู่ห่างๆ ไม่เข้าไปช่วยเหลือเด็ก ต้องปล่อยให้ครูผู้ทดสอบประสิทธิภาพแก้ปัญหาด้วยตัวเอง หากจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือก็ให้ครูผู้สอนเป็นผู้บอกให้เข้าไปช่วย มิฉะนั้นการทดสอบประสิทธิภาพการสอนก็จะไม่สะท้อนสถานการณ์จริงที่มีคนสอนเพียงคนเดียว

5. ดำเนินการสอนตามขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นการทดลองแบบเดี่ยว แบบกลุ่ม และภาคสนาม หลังจากชี้แจงให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับสื่อหรือชุดการสอน และวิธีการสอนแล้วครูจะต้องดำเนินการสอนตามขั้นตอนที่กำหนดไว้แต่ระบบการสอน

- (1) สำหรับการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ ดำเนินตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ
 - (1.1) สอบก่อนเรียน
 - (1.2) นำเข้าสู่บทเรียน
 - (1.3) ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม
 - (1.4) สรุปบทเรียน (ครูสรุปเองหรือให้นักเรียนช่วยกันสรุปก็ได้ ทั้งนี้ต้องดูตามที่กำหนดไว้ในแผนการสอน)
 - (1.5) สอบหลังเรียน
- (2) สำหรับการสอนแบบอิงประสบการณ์ มี 7 ขั้นตอน คือ
 - (2.1) ประเมินก่อนเผชิญประสบการณ์
 - (2.2) ปฐมนิเทศ
 - (2.3) เผชิญประสบการณ์หลัก ประสบการณ์รอง ตามภารกิจ งานที่กำหนด
 - (2.4) รายงานความก้าวหน้าของการเผชิญประสบการณ์หลักและรอง
 - (2.5) รายงานผลสุดท้าย
 - (2.6) สรุปการเผชิญประสบการณ์
 - (2.7) ประเมินหลังเผชิญประสบการณ์
- (3) สำหรับการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ อาจดำเนินการตามขั้นตอน 7 ขั้นตอน คือ
 - (3.1) สอบก่อนเรียน
 - (3.2) ศึกษาประมวลการสอน แผนกิจกรรม และเส้นทางการเรียน (Course Syllabus, Course Bulletin and Learning Route)
 - (3.3) ศึกษาเนื้อหาสาระที่กำหนดให้แบบออนไลน์บน website หรือออฟไลน์ ในซีดีหรือตำรา คือจากแหล่งความรู้ที่กำหนดให้
 - (3.4) ให้นักเรียนทำกิจกรรมเดี่ยว (Individual Assignment) และกิจกรรมกลุ่มร่วมมือ (Collaborative Group)
 - (3.5) ส่งงานที่มอบหมาย (Submission of Assignment)
 - (3.6) สรุปบทเรียน (ครูสรุปเองหรือให้นักเรียนช่วยกันสรุปก็ได้ ทั้งนี้ต้องดูตามที่กำหนดไว้ในแผนการสอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (3.7) สอบหลังเรียน
- (4) สำหรับการสอนแบบบรรยายดำเนินตามขั้นตอน 5 ขั้น คือ
 - (4.1) สอบก่อนเรียน
 - (4.2) นำเข้าสู่บทเรียน
 - (4.3) ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม
 - (4.4) สรุปบทเรียน (ครูสรุปเองหรือให้นักเรียนช่วยกันสรุปก็ได้ ทั้งนี้ต้องดูตามที่กำหนดไว้ในแผนการสอน)
 - (4.5) สอบหลังเรียน

2.5.7 บทบาทของครูขณะกำลังทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

1. บทบาทของครูในขณะทดสอบแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม

ในขณะที่กำลังทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน ครูควรปฏิบัติดังนี้

- (1) ต้องคอยสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนอย่างใกล้ชิด เพื่อดูว่านักเรียนทำหน้างาน เจียบหรือสงสัยประการใด
- (2) สังเกตและปฏิสัมพันธ์ (Interaction Analysis) ของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตปฏิสัมพันธ์ที่มีผู้พัฒนาขึ้นแล้ว เช่น Flanders Interaction Analysis (FIA), Brown Interaction Analysis (BIA), Chaiyong Interaction Analysis (CIA)
- (3) พยายามรักษาสุขภาพจิต ไม่คาดหวังหรือเครียดกับความเหน็ดเหนื่อยที่ท่วมเทในการผลิตชุดการสอนหรือเครียดกับการเกรงว่า ผลการทดสอบประสิทธิภาพจะไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เกรงว่าจะไม่ได้รับความร่วมมือจากนักเรียน
- (4) สร้างบรรยากาศอบอุ่นและเป็นกันเองครูต้องเป็นกันเองกับนักเรียน เวลาสอบก่อนเรียนยิ้มแย้มแจ่มใส สร้างบรรยากาศที่นักเรียนจะแสดงออกเสรี ไม่ทำหน้าเคร่งขรึมจนนักเรียนกลัว
- (5) ต้องชี้แจงการสอบครั้งนี้ไม่มีผลต่อการสอบไล่ปกติของนักเรียนแต่ประการใด
- (6) ปลอ่ยให้นักเรียนศึกษาและประกอบกิจกรรมจากสื่อหรือชุดการสอนตามธรรมชาติ โดยทำที่ว่าครูไม่ได้สนใจจับผิดนักเรียนด้วยการทำที่ทำงาน หรืออ่านหนังสือ
- (7) หากสังเกตว่านักเรียนคนใดมีปัญหาระหว่างการทดสอบ อย่ายุติความสนใจเป็นพิเศษแต่ให้บันทึกพฤติกรรมไว้เพื่อจามาซักถามและพูดคุยกับนักเรียนในภายหลัง

2. บทบาทของครูภาคสนามกับนักเรียนทั้งชั้น

- (1) ปฏิบัติตามข้อเสนอแนะ ที่เสนอมาทั้ง 7 ข้อ
- (2) ครูต้องพยายามอธิบายประเด็นต่างๆ ที่ต้องการจะบอกนักเรียนอย่างชัดเจน
- (3) เมื่อบอกให้นักเรียนลงมือประกอบกิจกรรมแล้ว ครูต้องหยุดพูดเสียงดัง หากประสงค์จะประกาศอะไรต้องรอนเปลี่ยนกลุ่ม หรือไปพูดกับนักเรียนคนนั้นหรือกลุ่มนั้น ด้วยเสียงที่พอได้ยินเฉพาะครู กับนักเรียนครูต้องไม่พูดมากโดยไม่จำเป็น
- (4) ขณะนักเรียนประกอบกิจกรรม ครูจะต้องเดินไปตามกลุ่มต่างๆ เพื่อสังเกตพัฒนาการของนักเรียนดูการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม ความเป็นผู้นำ ผู้ตาม และอาจให้ความช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มใดหรือคนใดที่มีปัญหา แต่ไม่ควรไปนั่งเฝ้ากลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดยเฉพาะ เพราะจะทำให้ให้นักเรียนอึดอัด เครียด หรือบางคนอาจแสดงพฤติกรรมเชิงเพื่ออวดครู

(5) เมื่อนักเรียนเปลี่ยนกลุ่ม ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเดินซ้ำๆ ไม่ต้องรีบเร่ง และให้หัวหน้าเก็บสื่อการสอนใส่ซองไว้ให้เรียบร้อยก่อนเปลี่ยนไปกลุ่มอื่นๆ ห้ามหยิบชิ้นส่วนใดติดมือไปยกเว้น “แบบฝึกปฏิบัติ” หรือ “กระดาษคำตอบ” ประจำตัวของนักเรียนเอง

(6) การเปลี่ยนกลุ่มกระทำได้ 3 วิธี คือ

(6.1) เปลี่ยนพร้อมกันทุกกลุ่มหากทำกิจกรรมเสร็จพร้อมกัน

(6.2) กลุ่มใดเสร็จก่อนให้ไปทำงานในกลุ่มสำรอง

(6.3) หากมี 2 กลุ่มทำให้เสร็จพร้อมกันก็ให้เปลี่ยนกันทันที

(7) หลังจากการทดสอบประสิทธิภาพสิ้นสุดลง ขอให้แสดงความชื่นชมที่นักเรียนให้ความร่วมมือ และประสบความสำเร็จในการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอน

(8) หากทำได้ให้แจ้งผลการทดสอบหลังเรียนทราบเพื่อให้ประสบการณ์ที่เป็นความสำเร็จ

2.5.8 สิ่งที่ต้องปฏิบัติหลังทดสอบประสิทธิภาพ

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนเสร็จแล้ว ครูผู้สอนและสมาชิกในกลุ่มฝึกปฏิบัติผลิตสื่อหรือชุดการสอน ควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. นำผลงานและแบบฝึกปฏิบัติของนักเรียนมาตรวจ โดยการให้คะแนนกิจกรรมทุกชนิด แล้วหาค่าเฉลี่ยและทำเป็นร้อยละ

2. นำผลการสอบหลังเรียนมาหาค่าเฉลี่ยและทำเป็นร้อยละ

3. นำผลการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการบรรยายผลการสอน และจกนิทรรศการ (หากมี)

4. นำสื่อการสอน ซึ่งมีบัตรคำสั่ง บัตรสรุปเนื้อหา บัตรกิจกรรม ภาพชุด ฯลฯ มาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

2.5.9 การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพ

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนภาคสนามแล้ว เทียบค่า E_1/E_2 ที่ทำได้จากสื่อหรือชุดการสอนกับ E_1/E_2 ที่ตั้งเกณฑ์ไว้ เพื่อดูว่าจะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับประสิทธิภาพให้ถือค่าความแปรปรวนร้อยละ 2.5-5 นั่นคือประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์กนร้อยละ 5 แต่โดยปกติกำหนดไว้ร้อยละ 2.5 เช่นตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ร้อยละ 90/90 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพ 1 : 100 แล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นมีประสิทธิผล 87.5/87.5 จึงยอมรับได้ว่าสื่อหรือชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ

การยอมรับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมี 3 ระดับ คือ

1. สูงกว่าเกณฑ์

2. เท่าเกณฑ์

3. ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ

2.6 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2547) ได้กล่าวไว้ว่าในการวัดและประเมินผลจะต้องวัดและประเมินไปตามจุดประสงค์ของวิชาที่ใช้สอนนั้น ปัญหาขั้นต้นสุดจึงอยู่ที่ครูหรือผู้ประเมินสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตีความหมายของจุดประสงค์ของที่สอนได้ถูกต้องตรงกันหรือไม่เพียงใด ทั้งนี้เพราะจุดประสงค์ทางการศึกษาบางครั้งอาจใช้คำพูดคลุมเครือ ทั้งความหมายและขอบเขตของคำเมื่อเป็นเช่นนี้การเขียนแบบทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ จึงอาจไม่เป็นไปตามความปรารถนาของวิชานั้น ถ้าครูเข้าใจความหมายของจุดประสงค์คลาดเคลื่อนไป (อ้างอิงใน สิทธิชัย สุทธิ.2551)

จากปัญหาที่สำคัญนี้ได้มีการศึกษาชาวอเมริกันกลุ่มหนึ่ง คือ Bloom, Engelhart, Furst, Hill และ Krathwohl (1956) ได้ทำการวิเคราะห์จุดประสงค์ของการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ แล้วจำแนกหมวดหมู่ใหญ่ๆ สามขอบเขต คือ ขอบเขตด้านปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านทักษะศึกษา ซึ่งจำแนกออกเป็น 6 ระดับ โดยเรียงลำดับตามความซับซ้อนจากน้อยไปหามาก ซึ่งเป็นที่ยอมรับและเผยแพร่กันอย่างกว้างขวางดังนี้

2.6.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากกรอบแนวคิดของ Bloom ขอบเขตด้านปัญญา (Cognitive Domain) เป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่เกี่ยวกับสมรรถภาพทางสติปัญญาทางการเรียน และการแก้ปัญหา ซึ่ง Benjamin S.B และคณะ ได้จำแนกพฤติกรรมในขอบเขตด้านนี้ออกเป็น 6 ระดับ ซึ่งจะสามารถสร้างแบบวัดพฤติกรรมในระดับต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ความรู้ความจำ

ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึงความสามารถในการระลึกเรื่องราวเฉพาะหรือทั่วไป ออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ เช่น สามารถบ่งบอกวิธีการหรือกระบวนการ หรือบ่งชี้ถึงแบบแผนโครงสร้างของเรื่องราวเฉพาะอย่างหรือทั้งระบบได้อย่างถูกต้อง ความรู้ที่ขึ้นอยู่กับบุคคลได้รับรู้และจดจำเอาไว้ได้อย่างไร ก็จะระลึกเรื่องราวนั้นออกมาตามลำดับนั้นออกมาตามลำดับนั้น ซึ่งจำแนกเป็น 3 ระดับ คือ

(1) ความรู้เฉพาะเจาะจง (Specifics) เป็นความสามารถในการระลึกข้อมูลต่างๆ ที่เป็นรูปธรรม และสัญลักษณ์ ซึ่งถือเป็นสมรรถภาพขั้นต่ำสุดที่จะเป็นพื้นฐานให้เกิดสมรรถภาพขั้นสูงที่จะรับรู้สิ่งที่ยับยั้ง และเป็นนามธรรมต่อไป ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับ คือ

(1.1) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Terminology) ซึ่งเป็นความสามารถในการบอกความหมายของคำ กลุ่มคำ สัญลักษณ์ต่างๆ

(1.2) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะ (Specifics facts) เป็นความสามารถในการบ่งบอกเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ บุคคล สถานที่ วันที่ ปี พ.ศ. ขนาด จำนวน เป็นต้น

(2) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเฉพาะอย่าง (Way and Means of Dealing with Specifics) เป็นความสามารถที่บ่งบอกถึงวิธีการจัดระเบียบ วิธีการศึกษา วิธีการตัดสินใจ และวิพากษ์วิจารณ์ ตลอดจนวิธีการสืบเสาะความรู้ จัดลำดับเวลามาตรฐานของการตัดสินใจประเภทนี้จะอยู่ระดับกลางระหว่างความรู้เฉพาะกับความรู้ทั่วไป ซึ่งจำแนกเป็นระดับย่อย คือ

(2.1) ความรู้เกี่ยวกับแบบแผน (Conventions) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงรูปแบบการปฏิบัติและแบบฉบับที่เหมาะสมในการทำ เช่น แบบฉบับการพูด การเขียน การรายงาน

(2.2) ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม (Trend and Sequence) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงขั้นตอนก่อนหลัง ทิศทางการเคลื่อนไหวโน้มเอียง

(2.3) ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท และการจัดกลุ่ม (Classification and Categories) เป็นความสามารถในการบอกวิธีการจำแนกจัดหมวดหมู่จัดแบ่งสิ่งของเหตุการณ์ตาม

จุดมุ่งหมาย เหตุผลหรือปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง เอกสารนี้ใช้ในลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.4) ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ (Criteria) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกข้อเท็จจริง หลักการ ความคิดเห็น และการกระทำเอใช้ในการตัดสินใจหนึ่งสิ่งใด

(2.5) ความรู้เกี่ยวกับวิธีทำ (Methodology) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึง เทคนิคกระบวนการและวิธีการสืบเสาะหาความรู้ วิธีการศึกษาค้นคว้า เกี่ยวกับปัญหาและเหตุการณ์ต่าง ๆ ในระดับนี้จะเน้นเพียงความรู้ในวิธีการ ซึ่งไม่จำเป็นว่าจำเป็นต้องสามารถทำวิธีการต่าง ๆ เหล่านั้นได้

(3) ความรู้ทั่วไปและนามธรรมในแต่ละสาขาวิชา (Universal and Abstractions in a Field) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงการจัดระเบียบ แบบแผน หรือแผนการต่าง ๆ ของปรากฏการณ์ และแนวคิดที่เป็นจุดเด่นของโครงสร้าง ทฤษฎี และข้อสรุปอ้างอิง ซึ่งจะนำไปใช้ทั่วไปในการแก้ปัญหาและศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสาขานั้น ซึ่งถือว่าเป็นความรู้ระดับสูงสุด อันมีลักษณะที่เป็นนามธรรมและซับซ้อนมาก จำแนกเป็น 2 ระดับ

(3.1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหลักการและข้อสรุปอ้างอิง (Principles and Generalizations) เป็นความรู้ที่เป็นนามธรรมซึ่งสรุปจากการสังเกตปรากฏการณ์โดยอาศัยการอธิบาย บรรยาย พยากรณ์ หรือตัดสินการกระทำ หรือทิศทางกระทำได้อย่างเหมาะสม และตรงประเด็นที่สุด เช่นความรู้ของหลักการที่สำคัญ ซึ่งสรุปจากประสบการณ์ การระลึกข้อสรุปที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม

(3.2) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง (Theories and Structures) เป็นความรู้รวบยอดเกี่ยวกับหลักการและข้อสรุปอ้างอิง โดยแสดงแนวคิดเห็นในปรากฏการณ์และปัญหาที่ซับซ้อนออกมาได้ชัดเจน ครอบคลุม และเป็นระบบซึ่งเป็นการกระทำที่เป็นนามธรรมมากที่สุด โดยผสมผสานความรู้เฉพาะอย่างที่มีสัมพันธ์กันเข้ากัน เช่น การระลึกทฤษฎีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ในการวางระบบที่สมบูรณ์ของทฤษฎีวิวัฒนาการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension)

ความเข้าใจเป็นทักษะความสามารถทางปัญญา ขั้นแรกที่สุดของมนุษย์ที่จะเข้าใจการสื่อสารติดต่อและสามารถที่จะนำเอาความรู้และแนวคิดมาใช้ประโยชน์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องไปสัมพันธ์กับเรื่องอื่น จำแนกเป็น 3 ระดับ คือ

(1) การแปล (Translation) เป็นความสามารถในการถอดความหรือถอดแบบจากภาษาหนึ่งไปสู่อีกภาษาอื่น ซึ่งเป็นการสื่อความหมายให้สามารถรู้ความหมายตรงกัน เช่น การแปลความหมายข้อความ คำพังเพย สุภาษิต คำคม หรือสัญลักษณ์ หรือการแปลภาษาคณิตศาสตร์ ให้เป็นสัญลักษณ์หรือกลับกัน เป็นต้น

(2) การตีความ (Interpretation) เป็นความสามารถในการสื่อความหมายโดยการอธิบายหรือสรุปความ ซึ่งมีลักษณะที่ลุ่มลึกกว่าการแปล เพราะการแปลจะมีลักษณะการสื่อความหมายโดยการถอดความแบบคำต่อคำ แต่การตีความหมายต้องมีการจัดระเบียบใหม่ เรียบเรียงใหม่ แสดงแนวคิดใหม่แต่ยังรักษาความหมายเดิมไว้ เช่นสามารถตีความหมายข้อมูลทางสังคมได้หลายๆแง่มุม สามารถสรุปความคิดทั้งหมดออกเป็นประเด็นสำคัญตามต้องการ

(3) การขยายความ (Extrapolation) เป็นความสามารถในการสื่อความหมาย โดยการขยายความคาดคะเนแนวโน้มของข้อมูลว่าจะมีทิศทางไปในทางใดมีผลลัพธ์ออกมาอย่างไร ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับความหมายดั้งเดิม หรืออาศัยข้อมูลเดิมเป็นเครื่องตัดสินผลลัพธ์ต่างๆ เช่น ทักษะในการ

พยากรณ์ ความสืบเนื่องของแนวโน้มหนึ่ง ความสามารถในการสรุปผลโดยการอนุมานด้วยข้อความที่ชัดเจน

3. การนำไปใช้ (Application)

การนำไปใช้เป็นความสามารถในการจดจำและนำเอาหลักการ เทคนิค แนวทฤษฎีมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การนำปรากฏการณ์ต่าง ๆ มาอภิปรายในเชิงวิทยาศาสตร์

4. การวิเคราะห์ (Analysis)

หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย หรือองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ระดับ คือ

(1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการค้นหาองค์ประกอบที่สำคัญส่วนรวมออกมา เช่น จำแนกข้อเท็จจริงออกจากสมมติฐาน

(2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและส่วนอื่นของการสื่อความหมาย เช่น ความสามารถในการตรวจสอบ ความมั่นคงของสมมติฐาน และข้อสมมติทักษะในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหลายๆ แนวคิด

(3) การวิเคราะห์หลักการดำเนินการ (Analysis of organization principles) เป็นความสามารถในการจัดระเบียบ การเรียบเรียงระบบว่ามีโครงสร้างอย่างไร ซึ่งอาจจะเป็นโครงสร้างที่ชัดเจนหรือมีเงื่อนไข เช่น ความสามารถในการบ่งชี้ถึงเทคนิคทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาหรือชักชวน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis)

หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องเดียวกัน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงาน การจัดระเบียบเรียง และผสมผสานให้เป็นสิ่งใหม่ขึ้นนั้นต้องดัดแปลงปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นมีคุณภาพสูงขึ้น จำแนกออกเป็น 3 ระดับ คือ

(1) การสื่อสารถ่ายทอดความคิด (Production of unique communications) เป็นความสามารถในการถ่ายทอดของผู้เขียน หรือผู้พูดที่พยายามถ่ายทอดแนวคิด ความรู้สึก หรือประสบการณ์ไปสู่ผู้อื่นให้เข้าใจความหมายตรงกัน เช่น ความสามารถในการบอกเล่าประสบการณ์ส่วนตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะในการเขียน สามารถจัดระเบียบเรียงแนวคิด และเขียนถ่ายทอดออกมาได้อย่างดีเลิศ

(2) การวางแผนหรือเสนอโครงการดำเนินการ (Production of a plan, or Proposed Set of Operation) เป็นความสามารถในการวางแผนหรือเสนอโครงการดำเนินการตามเงื่อนไขและข้อมูลที่กำหนดให้ เช่น สามารถเสนอวิธีการทดสอบสมมติฐาน สามารถวางแผนการสอนในสถานการณ์ที่กำหนดให้

(3) การประสานความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรม (Derivation of a Set of Abstract Relation) เป็นความสามารถในการพัฒนากลุ่มความสัมพันธ์ที่เป็นนามธรรม ทั้งจัดหมวดหมู่หรืออธิบายข้อมูล หรือปรากฏการณ์ส่วนย่อยหรือการอนุมานแผนงานที่วางไว้ และความสัมพันธ์ของข้อเสนอหรือสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทน เช่น ความสามารถในการหารตั้งสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบได้อย่างเหมาะสม และเปลี่ยนแปลงสมมติฐานไปตามองค์ประกอบ และการพิจารณาสิ่งใหม่ได้ความสามารถที่จะทำการสรุปอ้างอิง หรือค้นพบหลักการทางคณิตศาสตร์

6. การประเมิน (Evaluation)

หมายถึง การตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งของหรือวิธีการซึ่งกำหนดให้การตัดสินทั้งทางด้านปริมาณ และคุณภาพจะต้องมีเกณฑ์ ที่เหมาะสมที่ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมิน เกณฑ์อาจจะได้มาจากนักเรียนเองหรือกำหนดขึ้นไว้ก็ได้ ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับ คือ

(1) การตัดสินโดยใช้เกณฑ์ภายในเหตุการณ์ (Judgments in terms of internal evidence) เป็นความสามารถในการตัดสินเหตุการณ์หนึ่งโดยใช้เนื้อหาของสาระของภายในเหตุการณ์นั้น เป็นเกณฑ์ตัดสินได้อย่างถูกต้องแม่นยำ มั่นคง เช่น สามารถที่จะระบุสิ่งที่ไม่ใช่เหตุผลที่แท้จริง

(2) การตัดสินโดยใช้เกณฑ์ภายนอก (Judgments in terms of external evidence) เป็นความสามารถในการตัดสินเหตุการณ์หนึ่ง โดยนำไปเทียบกับเกณฑ์ภายนอกที่เลือกมา และเป็นที่ยอมรับในสังคมแล้ว เช่น การเปรียบเทียบทฤษฎีหลักการสรุปอ้างอิง และข้อเท็จจริงกับวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกัน

2.6.2 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

เครื่องมือวัดผลที่ดีมีลักษณะดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) เครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงสูงจะสามารถรวบรวมข้อมูลของสิ่งที่ต้องการวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมาย ความเที่ยงตรงมี 4 ลักษณะ คือ

(1) เที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถวัดเนื้อหาได้ครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

(2) เที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดพฤติกรรม และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ได้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามหลักการทฤษฎีนั้นๆ

(3) เที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงของผู้ที่ถูกวัดอยู่ในขณะนั้น

(4) เที่ยงตรงตามพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถให้ข้อมูลได้สอดคล้องกับผลการเรียนในภายหลัง

2. ความเชื่อมั่น (Reliability)

หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถให้ข้อมูลที่คงที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงไปมา การวัดแต่ละครั้งจะให้ผลสอดคล้องต้องกันเสมอ

3. ความเป็นปรนัย (Objectivity)

หมายถึง ความชัดเจน ความถูกต้อง และการเข้าใจตรงกัน โดยยึดความถูกต้องทางวิชาการเป็นเกณฑ์ คุณสมบัตินี้สำคัญ 10 ประการ ได้แก่

(1) ชัดแจ้งในความหมายของคำถาม

(2) ตรวจสอบให้คะแนนได้ตรงกัน

(3) แปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน

(4) ความยากง่าย (Difficulty) ซึ่งพิจารณาได้จากผลการสอบของผู้สอบที่มีค่าความยากง่ายพอเหมาะ คะแนนเฉลี่ยของข้อสอบควรมีค่าประมาณร้อยละ 50

(5) อำนาจจำแนก (Discrimination) คือลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถแบ่งเด็กออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ทุกระดับ แบบทดสอบที่จำแนกได้หมายถึงข้อสอบที่คนเก่งตอบถูก คนอ่อนตอบผิด ข้อสอบที่จำแนกกับคนเก่งจะตอบผิด แต่คนอ่อนจะตอบถูก และข้อสอบที่จำแนกไม่ได้คนเก่งไม่ทำกรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคนอ่อน จะตอบถูกและผิดพอ ๆ กัน ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก อำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่า (r) อยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ค่า r เป็นเครื่องหมายบวกหมายความว่าจำแนกได้ คนเก่งตอบถูกมากกว่าคนอ่อนและข้อสอบที่มีค่า r ใกล้ศูนย์ (r = - 0.19 ถึง +0.19) เป็นข้อสอบที่จำแนกไม่ได้ เพราะคนเก่งตอบถูกพอกับคนอ่อน ข้อสอบที่ดีควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 1.00

(6) ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึงลักษณะของเครื่องมือที่ทำให้ได้ข้อมูลถูกต้องเชื่อถือได้ สะดวกในการรวบรวมข้อมูล

(7) ความยุติธรรม (Fair) หมายถึงลักษณะของข้อสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้เด็กได้เปรียบเสียเปรียบกัน

(8) คำถามถามลึก (Searching) หมายถึงเป็นคำถามที่สามารถวัดความลึกซึ่งทางวิชาการตามแนวดิ่งมากกว่าวัดตามแนวกว้าง

(9) ความถนัด (Exemplary) เป็นคำถามที่มีลักษณะท้าทายให้เด็กอยากคิดอยากทำไม่ถามวกเวียนซ้ำซาก การใช้รูปภาพประกอบก็เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ข้อสอบน่าสนใจ

(10) จำเพาะเจาะจง (Definite) หมายถึงลักษณะของคำถามที่เด็กอ่านแล้วเข้าใจชัดเจนว่าครูถามอะไร

2.6.3 กระบวนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้สร้างข้อสอบต้องดำเนินการ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอน
2. กำหนดขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่ต้องการวัด
3. กำหนดจุดมุ่งหมายที่สำคัญของการสอนในกระบวนการวิชาที่จะออกข้อสอบ
4. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
5. สร้างแบบทดสอบ
6. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ
7. คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ
8. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อทบทวน เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ศณฎา สีก่อม (2559 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ กับกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (03376308) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกแบบเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนรู้ ซึ่งจัดเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน รวม 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง แบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก $\bar{x}=4.56, S.D.=0.38$ และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดีมาก $\bar{x}=4.70, S.D.=0.32$

2. สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพเท่ากับ $82.78/82.10$ สูงกว่าเกณฑ์ $80/80$

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง สูงกว่าการเรียนการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.1

ดวงกมล อังदानวยศิริ (2559 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ที่มีคุณภาพ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 32 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากแบบรายห้อง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ 2) ใบงานการทดลอง 5 ใบงาน 3) แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ 4) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 5) แบบบันทึกคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก $\bar{x}=4.57, S.D.=0.58$ และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก $\bar{x}=4.61, S.D.=0.33$ 2) สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ $82.88/82.38$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ $80/80$

ปาริชาติ สอนเขียว (2558 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพื้นที่ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพื้นที่ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพื้นที่กับนักเรียนที่เรียนแบบปกติ 3) เพื่อศึกษาทักษะการปฏิบัติของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพื้นที่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน

การวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสวนรัษฎาวิทยาจำนวน 50 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 2 กลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ บทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพินท์ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อการสอน แบบวัดทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบเลือกตอบที่มีค่าความเที่ยงตรงระหว่าง 0.67 – 1.00 ความยากง่ายระหว่าง 0.45 - .080 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 – 0.50 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 แบบประเมินทักษะการปฏิบัติ มีค่าความเที่ยงตรงระหว่าง 0.67 – 1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน เท่ากับ 0.84 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที่ t-test (Independent Sample)

ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพินท์มีประสิทธิภาพ $(E_1/E_2) = 85.60/80.20$ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพินท์ สูงกว่าการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ทักษะการปฏิบัติของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องการสร้างผลงานด้วยโปรแกรมพินท์อยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 84.32

ณัฐฐาน์ นิธิภัทร์ณิโชค (2558 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบหมุนเวียนโลหิต ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบหมุนเวียนโลหิต โดยเทคโนโลยีเสมือนจริง 2) เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนเซนต์คาเบรียล เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 450 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพสื่อจำนวน 30 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบหมุนเวียนโลหิต โดยเทคโนโลยีเสมือนจริง 2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนที่พัฒนาขึ้นมาประกอบไปด้วยบทเรียน 3 บท ประกอบด้วยระบบย่อยอาหาร ระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ 2) มีประสิทธิภาพของบทเรียนมีค่า 1.98 สูงกว่าเกณฑ์ 1.00 ของเมกุยแกนส์ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยบทเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 4) มีความพึงพอใจต่อบทเรียนของผู้เรียนอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.53, S.D. = 0.57$)

เอกพจน์ เขียวคล้าย (2557 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องบทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพประสิทธิภาพของบทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล ประชากรตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก มหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย บทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนสอนเสริม ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และแบบสอบถามวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลวิจัยพบว่า บทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล มีคุณภาพด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก $\bar{x} = 4.59, S.D. = 0.45$ และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดีมาก $\bar{x} = 4.53, S.D. = 0.42$ ประสิทธิภาพของบทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล เท่ากับ 81.17/81.21 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลด้วยบทเรียนสอนเสริมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิทวัส วาสรส (2557 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น จากเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้ผู้ใช้มีความต้องการแอปพลิเคชันเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน

วิทยาลัยเทคนิคชลบุรีจัดการเรียนการสอนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศวิชาการประยุกต์ใช้งานมัลติมีเดีย ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งนักเรียนมีพื้นฐานที่ต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนซึ่งจะกระทบกับบทเรียนในเรื่องถัดไป

ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญที่จะนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเรียนการสอน และมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ หรือเรียกว่า CBST (Competency Based Skill Training) เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เบื้องต้น เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านปฏิบัติ วิชาการประยุกต์ใช้งานมัลติมีเดีย โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะ เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะปฏิบัติในเนื้อหาจนเกิดความชำนาญ อันจะนำความรู้ไปปฏิบัติได้จริง และทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ธาดา คำฟูบุตร (2557 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนเรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องการใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้นให้มีคุณภาพ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการทางวิศวกรรม 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 40 คน ซึ่งใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยการจับสลากรายชื่อเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถฝึกปฏิบัติ ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติที่ทดสอบที่ (t-test) แบบ dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.65, S.D. = 0.5$) 2) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ (82.83/81.85) 3) นักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อ ทบทวน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

เริงชัย ว่านวัต (2556 : บทคัดย่อ) สารนิพนธ์เรื่องการพัฒนาสื่อการสอนทางด้าน คอมพิวเตอร์สำหรับการเคราะห์รูปร่างอากาศยานทางทหาร จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อเป็น การออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับหน่วยงานของกองทัพบกที่ทำหน้าที่ในการป้องกัน ภัยทางอากาศ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มีวิดีโอ สาธิต แบบฝึกการปฏิบัติ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ตามหลัก สถิติ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนด้วยค่าที (t-test)

วีรศักดิ์ บุญเพชร (2553 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการ สอนแบบบูรณาการ เรื่องหลักการทำงานของเซนเซอร์และการใช้งานวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการสอนแบบบูรณาการทดสอบ ประสิทธิภาพชุดการสอนที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน และหาความ พึงพอใจเรื่องหลักการทำงานของเซนเซอร์และการใช้งาน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอน ประกอบด้วย คู่มือครูสื่อการ สอน แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ผล จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเลือก แบบเจาะจงเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนจิตรลดา (สายวิชาชีพ) ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 25 คน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อน เรียน ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มา คำนวณหาประสิทธิภาพชุดการสอน และวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้สถิติค่าที และใช้แบบสอบถามเพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดการสอน

สิทธิชัย สุทธิ (บทคัดย่อ : 2551) วิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง สายเคเบิล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียนและก่อนเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องสายเคเบิล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียน ชั้นปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ที่ ผ่านการเรียนวิชาโทรศัพท์ เรื่องสายเคเบิล มาแล้วโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มด้วยวิธีการจับสลาก มา 1 กลุ่ม จำนวน 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องสายเคเบิล และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.47-0.73 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.73 และค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.89 การหาประสิทธิภาพของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการวิจัยครั้งนี้ใช้เกณฑ์ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 และสถิติที่ใช้ในการ วิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test แบบ Dependent Sample ในการ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและก่อนเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาโทรศัพท์ เรื่องสายเคเบิล มีประสิทธิภาพ 81.35/81.56

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปิยะภรณ์ นวลเจริญ (บทคัดย่อ : 2556) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดการเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยใช้เทคนิคช่วยจำเพื่อส่งเสริมการอ่าน เรื่องมาตราตัวสะกดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง 2) ศึกษาคุณภาพของการออกแบบชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง 3) ศึกษาประสิทธิภาพของชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง 4) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน 5) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 25 คน โรงเรียนมัชฌิมวิทยา อำเภอกระบุรี จังหวัดระนอง กลุ่มประชากรที่ใช้ในการทดลองได้มาจากวิธีการเจาะจง วิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณ สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test Dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) พัฒนาชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ได้แยกบทเรียนแต่ละมาตราตัวสะกดทั้งหมด 8 บท 2) ศึกษาคุณภาพของการออกแบบชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.46, S.D. = 0.49$) 3) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง มีค่า E_1/E_2 คือ 80.46/88.67 4) ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.68, S.D. = 0.47$) สรุปว่า การพัฒนาชุดการเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงโดยใช้เทคนิคช่วยจำ เพื่อส่งเสริมการอ่านเรื่องมาตราตัวสะกด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ระดับ 0.54 6) มีความพึงพอใจต่อบทเรียนของผู้เรียน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.53, S.D. = 0.57$)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยมีรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
- 3.4 การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 20 คน รวม 40 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 20 คน 1 ห้อง ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากรายห้อง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์
2. แบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือดังนี้

3.3.1 สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

1. ศึกษาทฤษฎี และหลักการออกแบบสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดตลอดจนวิธีการสร้าง สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง จากตำรางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. การวิเคราะห์สังเขปรายวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ทราบถึงขอบเขตและรายละเอียดของเนื้อหาที่ผู้เรียนต้องศึกษา

3. กำหนดจุดประสงค์ของเนื้อหาแต่ละบท

4. วิเคราะห์เนื้อหา โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อยๆ ซึ่งเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก แต่ละหน่วยการเรียนรู้จะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

5. ออกแบบสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยบทเรียนจะประกอบด้วยเนื้อหาที่แบ่งเป็นตอนๆ ตามวัตถุประสงค์ โดยรูปแบบการนำเสนอจะเป็นเนื้อหาแบบมาร์คเกอร์

6. การสร้างบทเรียน โดยการดำเนินการตามต้นร่างที่วางไว้ ทั้งหมดตั้งแต่การออกแบบหนังสือที่ใช้เป็นบทเรียน การกำหนดสีที่ใช้งานจริงรูปแบบ และขนาด สีของตัวอักษร

7. นำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและประเมินความเหมาะสมเพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ที่สุด

8. นำเสนอสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่สร้างให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบประเมินคุณภาพของบทเรียน เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

(1) ผศ.สันติ ตันตระกูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์

วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

(2) นายสง่า คำคำ

หัวหน้าแผนกวิชาแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์

วิทยาลัยเทคนิคพิทยา

(3) นายศุภชัย สีสัน

ครูแผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง

วิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

(1) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์

อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

- (2) ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์
 อุตสาหกรรม
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง
- (3) ดร.อภิชาติ อนุกุลเวช หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน
 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์
 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็น จากผู้ทรงคุณวุฒิตามแบบของ John W Best (กาญจนา วัฒยา. 2545 : 166) ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น ดังนี้

เกณฑ์	4.50 – 5.00	ระดับคุณภาพดีมาก
เกณฑ์	3.50 – 4.49	ระดับคุณภาพดี
เกณฑ์	2.50 – 3.49	ระดับคุณภาพปานกลาง
เกณฑ์	1.50 – 2.49	ระดับคุณภาพพอใช้
เกณฑ์	1.00 – 1.49	ระดับควรปรับปรุง

ในการประเมิน คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ (\bar{x}) เท่ากับ 3.5 ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

9. การปรับปรุงและแก้ไขตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำ เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบอีกครั้ง

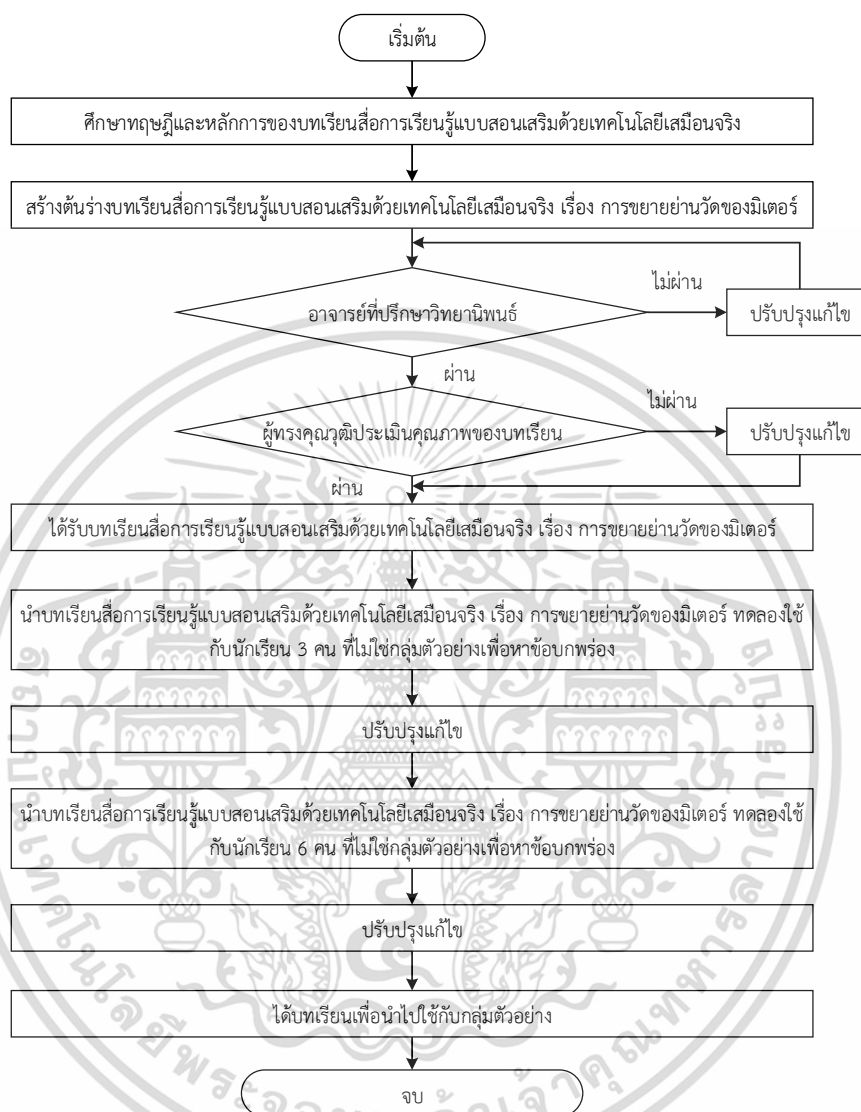
10. นำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว มาใช้ทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่ง เคยเรียนรายวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า จำนวน 3 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ นักเรียนที่มีระดับผลการเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน ระดับละ 1 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียน สังเกตพร้อมบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาไว้เพื่อนำมาหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข

11. สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่ปรับปรุงในขั้นต้นไปทดลองใช้ กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เคยเรียนรายวิชาเครื่องวัดไฟฟ้า ซึ่งใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 6 คน โดยเลือกนักเรียนที่ผลการเรียนระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน ระดับละ 2 คน สังเกตพร้อมบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนไว้เพื่อนำมาหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข

12. นำข้อบกพร่องที่บันทึกไว้มาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง

13. นำบทเรียนที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและได้แก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

การสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ดังมีรายละเอียดตามภาพที่ 3.1 ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และ แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพทั้ง 2 แบบ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของบทเรียนจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดวัตถุประสงค์และหัวข้อของแบบประเมินคุณภาพทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

3. สร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยแบ่งระดับความคิดเห็น ออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2535 : 123) ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 4 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ระดับ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพของบทเรียน

ระดับ 4.50 – 5.00 คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

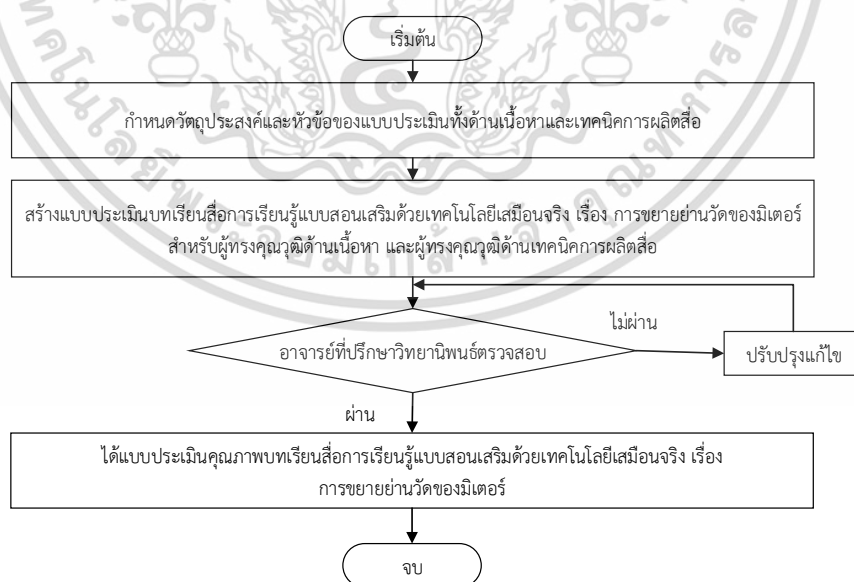
ระดับ 3.50 – 4.49 คุณภาพอยู่ในระดับดี

ระดับ 2.50 – 3.49 คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 1.50 – 2.49 คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1.50 – 1.49 คุณภาพอยู่ในระดับปรับปรุง

4. นำแบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ทำการตรวจสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง



ภาพที่ 3.2 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ได้แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ สำหรับให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของบทเรียน เพื่อให้บทเรียนมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

(1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคู่มือและเอกสารต่าง ๆ

(2) วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

(3) สร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดตามที่วิเคราะห์ไว้ในข้างต้น จากนั้นนำเสนอปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามเนื้อหา และความเหมาะสมของข้อคำถาม

(4) สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่านพิจารณา

การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อความที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้ (พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2538 : 84) ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตั้งแต่ 0.5 – 1.00

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

(5) นำข้อสอบที่ได้ไปทดสอบกับนักศึกษา ที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 40 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5.1) การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 210-211)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ P คือ ความยากง่าย
R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก
N คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย

ต่ำกว่า 0.20 แสดงว่า ข้อสอบยากเกินไป
0.20 – 0.39 แสดงว่า ข้อสอบค่อนข้างยาก
0.40 – 0.59 แสดงว่า ข้อสอบยากปานกลาง
0.60 – 0.80 แสดงว่า ข้อสอบค่อนข้างง่าย
มากกว่า 0.80 แสดงว่า ข้อสอบง่ายเกินไป

(5.2) หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 210-211)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}} \quad (3.3)$$

เมื่อ D คือ อำนาจจำแนก
 R_U คือ จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
 R_L คือ จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
N คือ จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ติดลบ แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกผิดใช้ไม่ได้
0 – 0.19 แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกต่ำ
0.20 – 0.39 แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกปานกลาง
0.40 – 0.59 แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง
ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง

(5.3) สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR.20 (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 198)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3.4)$$

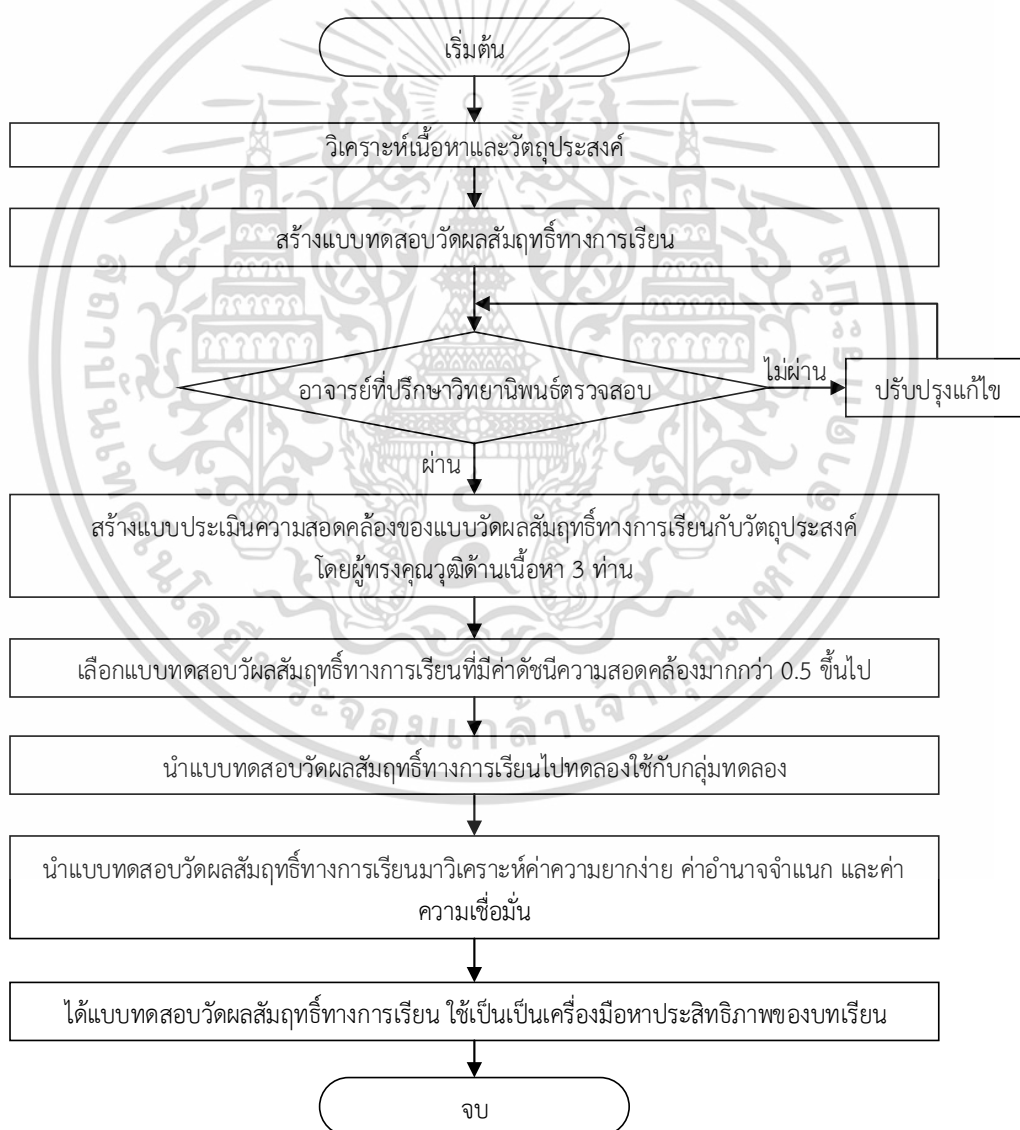
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	r_{tt}	คือ	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	N	คือ	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	P	คือ	สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก
	q	คือ	สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด
	S_t^2	คือ	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

0.7 – 1.0	แสดงว่า	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง
0.4 – 0.6	แสดงว่า	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง
ต่ำกว่า 0.3	แสดงว่า	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

(6) ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการหาประสิทธิภาพของบทเรียน



ภาพที่ 3.3 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ดังนี้

1. ทำหนังสืออนุญาต และขออนุญาตจากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ อำเภอบ้านฝื่อ จังหวัดอุดรธานี

2. กำหนดห้องที่ทำการทดลอง พร้อมแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 3 เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2560 สัปดาห์ที่ 4 เดือน มิถุนายน พ.ศ.2560 และสัปดาห์ที่ 7 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560

3. ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการเรียนรู้พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้บทเรียน

4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย

5. ให้นักเรียนเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ตามลำดับเนื้อหาของบทเรียนเมื่อเรียนเสร็จในแต่ละบท โดยจะมีแบบทดสอบท้ายแต่ละหน่วยการเรียนรู้

6. เมื่อนักเรียนเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ครบทุกหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักศึกษาจะต้องทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี

7. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยใช้ข้อมูลทางสถิติ E_1/E_2

8. ดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยใช้หลักสถิติ t-test (t-test for dependent samples)

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้วิธีทางสถิติเข้าช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและเครื่องมือดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์คุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

การวิเคราะห์คุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ โดยนำความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ยดังนี้ (พิสนุ พงศ์ศรี. 2553 : 154-155)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (3.5)$$

เมื่อ $\sum x$ คือ คะแนนรวม

x คือ คะแนนที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ
 \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.5.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2545 : 187)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}{N(N-1)}} \quad (3.6)$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N คือ จำนวนข้อมูล
 x คือ คะแนนแต่ละตัว

3.5.3 การหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนหาได้โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎีมาหาประสิทธิภาพของบทเรียน เพื่อหาว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ใช้สูตร E_1/E_2 ในการคำนวณดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2543 : 139)

$$E_1 = \frac{\sum x}{A} \times 100 \quad (3.7)$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100 \quad (3.8)$$

E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบฝึกหัด ท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละบทเรียนรวมกัน
 E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้
 $\sum x$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้
 $\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี
 N คือ จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้
 B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี

3.5.4 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

สถิติที่ใช้ในการหาความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน ที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ โดยใช้สถิติ t-test (t-test for dependent samples) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 104-105)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} \quad (3.9)$$

- t คือ ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
 D คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน แต่ละคู่
 $\sum D$ คือ ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
 $\sum D^2$ คือ ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่ยกกำลังสอง
 N คือ จำนวนคู่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

4.3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียน

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

การวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ได้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งผลจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ในแต่ละด้าน ได้นำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	4.33	0.58	ดี
2	การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
3	ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
4	ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
5	ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.67	0.58	ดีมาก
6	ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
7	เนื้อหามีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4.33	0.58	ดี
8	ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.50	0.00	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย (\bar{x}) มีค่าเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีรายการประเมินด้านเนื้อหาที่อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 4 รายการคือ การแบ่งเนื้อหา มีความเหมาะสม ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน และมีรายการประเมินด้านเนื้อหาที่อยู่ในระดับดี จำนวน 4 รายการคือ เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ ความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา เนื้อหามีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.1) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาดังนี้ มีการปรับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ ตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหา ปรับปรุงการอธิบายเนื้อหา และพัฒนาเนื้อหาให้มีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอ			
	1.1 เอกสารมีความน่าสนใจ	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้เป็นตัว marker	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4.33	0.58	ดี
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละหัวข้อ	4.33	0.58	ดี
	1.5 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน	4.00	0.00	ดี
2	ด้านรูปภาพประกอบ			
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด	4.33	0.58	ดี
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำอธิบาย	4.67	0.58	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของรูปภาพที่ใช้	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้	4.33	0.58	ดี
3	ด้านตัวอักษรประกอบ			
	3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
	3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
4	ด้านภาพเคลื่อนไหวประกอบสื่อ			
	4.1 ภาพเคลื่อนไหวสอดคล้องกับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	4.2 ภาพเคลื่อนไหวมีขนาดเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
	4.3 ภาพเคลื่อนไหวมีความคมชัด	4.00	0.00	ดี
	4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.50	0.26	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อทั้ง 3 ท่าน โดยมีค่าเฉลี่ย (\bar{x}) มีค่าเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเท่ากับ 0.26 แสดงว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีรายการประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 8 รายการ และมีรายการประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่อยู่ในระดับดี จำนวน 8 รายการ (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค. 2) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ดังนี้ มีการปรับแบ่งช่วงการนำเสนอเนื้อหาให้มีความกระชับและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียนมากขึ้น ปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพให้ชัดเจนและสีที่ใช้ให้มีความเหมาะสม เพิ่มความชัดเจนของตัวอักษร ปรับปรุงภาพเคลื่อนไหวให้มีความชัดเจนและเหมาะสม

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

ผู้วิจัยได้นำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ด้วยตนเอง ซึ่งนำเสนอเนื้อหา ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนทำการเรียนเสร็จในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้วจะทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ของทุกหน่วยการเรียนรู้ เป็นจำนวน 30 ข้อ และเมื่อผู้เรียนเรียนครบ 3 หน่วยการเรียนรู้แล้วมีการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งหมด จำนวน 30 ข้อ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพสื่อสอนเสริมเรียนรู้

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม (30)	คะแนนเฉลี่ยที่ได้ (30)	ประสิทธิภาพของบทเรียน		ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อกับสมมติฐานการวิจัย
			จากสมมติฐาน	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	
ระหว่างเรียน (E_1)	30	24.45	80	81.50	เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด
หลังเรียน (E_2)	30	24.65	80	82.17	

ตารางที่ 4.3 ผลจากการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยมีเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ (E_1/E_2) ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยคะแนนเฉลี่ยแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ของทุกหน่วย รวมเป็นร้อยละ 81.50 (E_1) และมีคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คิดเป็นร้อยละ 82.17 (E_2) แสดงว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีประสิทธิภาพค่าเท่ากับ 81.50/82.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

4.3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนแบบทดสอบ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	20	30	20.55	2.33	16.28*	0.0000
หลังเรียน	20	30	24.45	2.28		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ได้คะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 20.55 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 24.45 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของกาวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

1. คุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ อยู่ในระดับดี ($\bar{x} \geq 3.50$) ขึ้นไป
2. ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80
3. ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีวศึกษาบ้านฝื่อ ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 20 คน รวม 40 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีวศึกษาบ้านฝื่อ ปีการศึกษา 2560 จำนวน 20 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากรายห้อง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

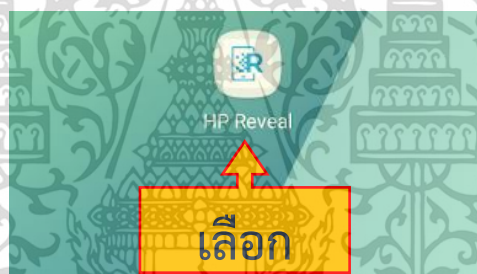
5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ดังนี้

1. ทำหนังสืออนุญาต และขออนุญาตจากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพบ้านฝ่อ

2. กำหนดห้องที่ทำการทดลอง พร้อมแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง

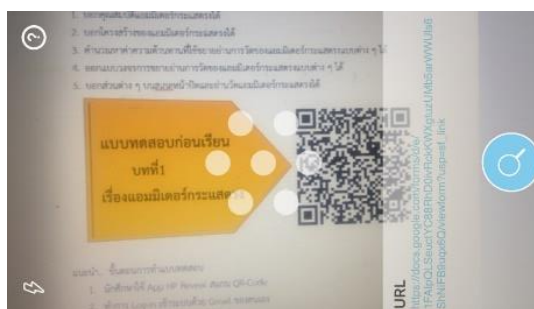
3. ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการเรียนรู้พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ และให้นักเรียนเลือกแอปพลิเคชัน HP Reveal ซึ่งแสดงดังภาพที่ 5.1 และภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.1 นักเรียนเลือกแอปพลิเคชัน HP Reveal



ภาพที่ 5.2 เมื่อนำโทรศัพท์มือถือไปส่องมาร์คเกอร์จะแสดง วิดีโอ แบบฝึกหัดหรือเมนูต่าง ๆ



ภาพที่ 5.3 เมื่อนำโทรศัพท์มือถือไปส่อง QR Cord จะแสดง URL แบบทดสอบ

4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย โดยการส่องมาร์คเกอร์ดังแสดงในภาพที่ 5.3

5. ให้นักเรียนเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ตามลำดับเนื้อหาของบทเรียนเมื่อเรียนเสร็จในแต่ละบท โดยจะมีแบบทดสอบท้ายแต่ละหน่วยการเรียนรู้

6. เมื่อนักเรียนเรียนสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ครบทุกหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยใช้ข้อมูลทางสถิติ E_1/E_2

8. ดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยใช้หลักสถิติ t-test (t-test for dependent samples)

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์คุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยแบ่งระดับความคิดเห็น ออกเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของ รวีวรรณ ชินะตระกูล

2. การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย ตามวิธีของ พิชิต ฤทธิ์จรูญ

3. การหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัต จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาหาประสิทธิภาพของบทเรียน ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ใช้สูตร E_1/E_2 ตามวิธีการคำนวณของ ไชยยศ เรืองสุวรรณ

4. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent samples ตามวิธีการคำนวณของ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อด้านละ 3 ท่าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นจำเป็นต้องขอเอกสารนี้ กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า มิฉะนั้นจะถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งผลประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ใน ระดับดีมาก ($\bar{x}=4.50$, S.D. =0.00) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}=4.50$, S.D. =0.26)

2. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ โดยเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ (E_1/E_2) ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยคะแนนเฉลี่ยแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ของทุกหน่วย รวมเป็นร้อยละ 81.50 (E_1) และมีคะแนนเฉลี่ยข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คิดเป็นร้อยละ 82.17 (E_2) แสดงว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีประสิทธิภาพค่าเท่ากับ 81.50/82.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

3. จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ พบว่าคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ สามารถแบ่งหัวข้อการอภิปรายผลและสรุปผลได้ดังนี้

5.2.1 ด้านคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

จากผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่สร้างขึ้นมามีคุณภาพ จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องมาจากสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มีเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสม ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน และจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากการนำเสนอสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบมัลติมีเดีย โดยมีส่วนประกอบของข้อความ รูปภาพ เสียง และภาพเคลื่อนไหว กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงกลม อังอำนวยศิริ (2559) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่องการใช้งานมัลติมิเตอร์ พบว่าสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่องการใช้งานมัลติมิเตอร์ ผลจากการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาพบว่ามีความเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .058 อยู่ในระดับดีมาก และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ พบว่ามีความเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 อยู่ในระดับดีมาก

5.2.2 ด้านประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

ผู้วิจัยได้นำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ด้วยตนเอง ซึ่งนำเสนอเนื้อหา ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียนทำการเรียนเสร็จในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้วจะทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ของทุกหน่วยการเรียนรู้ เป็นจำนวน 30 ข้อ และเมื่อผู้เรียนเรียนครบ 3 หน่วยการเรียนรู้แล้วมีการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งหมด 3 หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 30 ข้อ ผลที่ได้ปรากฏว่านักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียนรวมทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 81.50 และมีคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.17 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (80/80) โดยประสิทธิภาพกระบวนการมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เนื่องจากสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้ผ่านการทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่องการขยายย่านวัตของมิเตอร์มาแล้ว นำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (r_{tt}) ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นเมื่อนำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มาใช้ จึงทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะภรณ์ นวลเจริญ (2556) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดการเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยใช้เทคนิคช่วยจำเพื่อส่งเสริมการอ่าน เรื่องมาตราตัวสะกดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดการสอนเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง มีค่า E_1/E_2 คือ 80.46/88.67 เป็นไปตามผลการวิจัยที่คาดหวังไว้คือมากกว่าหรือเท่ากับ 80/80

5.2.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

จากการทำแบบฝึกหัดก่อนเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ พบว่าผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพของบทเรียนอยู่ในระดับดี และมีประสิทธิภาพของบทเรียนไปตามเกณฑ์ที่กำหนด รวมถึงสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง สามารถทบทวนเนื้อหาที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ ทำให้สามารถทบทวนความรู้ได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทร์ขาว สายแปลง (2560) ได้ทำการวิจัยเพื่อการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ เรื่อง แบบจำลองกระบวนการ วิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ผลวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแบบจำลองกระบวนการ ของนักศึกษาหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการอภิปรายผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ว่า สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเสริมวิชาเครื่องวัดไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การแบ่งเนื้อหาที่มีความเหมาะสม การจัดลำดับขั้นการนำเสนอเนื้อหา มีความถูกต้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ถูกต้อง มีความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน อีกทั้งมีรูปแบบนำเสนอที่มีความน่าสนใจ โดยนำเสนอภาพนิ่ง ตัวอักษร ภาพเคลื่อนไหวและเสียง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะด้านการใช้สื่อ

1. สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ สามารถนำไปใช้ศึกษาได้ด้วยตนเอง
2. สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ สามารถเลือกเรียนในเนื้อหาที่ต้องการศึกษาได้ตามความสนใจ โดยไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับ

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ ในลักษณะออฟไลน์
2. การเรียนการสอนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ อาจนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาอื่น หรือรายวิชาอื่นเพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีศักยภาพที่แตกต่างกัน

บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. 2543. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์ชว สบายแปลง. 2560. “การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ เรื่อง แบบจำลองกระบวนการ วิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ.” **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม**. 16(1) : 25-33.
- ชวลิต พุ่มดอกไม้. 2557. “บทเรียนเพื่อการทบทวน วิชาวงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งานระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.” **ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556. “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.” **วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย**. 5(1) : 7-19.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีการศึกษา : ทฤษฎีและการวิจัย**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ณัฐฐาน์ นิภัทร์ณิโชค. 2558. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิตด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง.” **ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์**. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ดวงกมล อังอานวยศิริ. 2559. “สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์.” **ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธาดา คำฟูบุตร. 2557. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น.” **ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2547. **การวัดประเมินการเรียนรู้แนวใหม่**. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุษรา ประกอบธรรม. 2555. “นวัตกรรมทางการตลาดบนสมาร์ตโฟน.” **วารสารนักบริหาร**. 32(4) : 32-37.
- ปาริชาติ สอนเขียว. 2558. “การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง การสร้างผลงานด้วยโปรแกรมเพ้นท์.” **ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม (เทคโนโลยีการศึกษา)**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปิยะภรณ์ นวลเจริญ. 2556. “การพัฒนาชุดการเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยใช้เทคนิคช่วยจำเพื่อส่งเสริมการอ่าน เรื่อง มาตรการตัวสะกดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2.” **ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเรียนรู้และสื่อสารมวลชน**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พนิดา ต้นศิริ. 2553. “โลกเสมือนผสมผสานโลกจริง (Augmented Reality).” วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. 30(2) : 169-175.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2545. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : แฮร์สออฟเดอรัมส์.
- พุทธิพงศ์ จิตรปฎิมา. 2542. **การสื่อสารล้ำยุค**. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์.
- ไพฑูริย์ ศรีฟ้า. 2555. “แท็บเล็ต (Tablet) กับการจัดการศึกษาในยุคศตวรรษที่ 21”. เอกสารประกอบการบรรยาย. วันที่ 22 กรกฎาคม 2555. มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.
- ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และคณะ. 2546. **การออกแบบและการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับ e-learning**. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535. **วิธีวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เริงชัย ว่านวัต. 2556. **การพัฒนาสื่อการสอนทางด้านคอมพิวเตอร์สำหรับการเคราะห์รูปร่างอากาศยานทางทหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วัฒนา พรหมอุ่น. 2551. **Virtual Reality Technology**. [Online]. Available : <http://www.docstoc.com/docs/28427384/Virtual-Reality-Technology>
- วิทรชัย วาสรส. 2557. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิลาวัลย์ พรพิชรพงศ์. 2547. “เทคโนโลยีความจริงเสริม: ความเป็นมาและการใช้ประโยชน์.” **บรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ มข.** 22(2) : 58-65.
- วีรศักดิ์ บุญเพชร. 2553. “การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนแบบบูรณาการ เรื่องหลักการทำงานของเซนเซอร์และการใช้งานวิชาอิเล็กทรอนิกส์สู่อุตสาหกรรมหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ.” ม.ป.ท.:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศณฎา สีก่อม. 2559. “สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สิทธิชัย สุทธิ. 2551. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่องสายเคเบิล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม.” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์). บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เอกพจน์ เขียวคล้าย. 2557. “บทเรียนสอนเสริม เรื่องระบบโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อำนาจ ชนพิทักษ์. 2554. “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องอุปกรณ์ทำงานและวาล์วในระบบนิวเมติกส์ระหว่างการใช้ชุดการเรียนเสมือนจริงกับการเรียนปกติ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. .D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. 1956. **Taxonomy of Educational Objective.** New York : David Mckay Company.
- Richey. 1986. **The Theoretical and Conceptual Bases of Instructional Design.** Kogan Page : London.
- Seels, B. & Glasgow Z. 1997. **Making Instructional Design Decision.** (2nd Edition). Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ
ภาคผนวก ข	แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
ภาคผนวก ค	ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
ภาคผนวก ง	ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคผนวก จ	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคผนวก ฉ	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
ภาคผนวก ช	ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ
ประเมินและตรวจสอบสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง
เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. ผศ.สันติ ตันตระกูล | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง |
| 2. นายสง่า คำคำ | หัวหน้าแผนกวิชาแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคพิทยา |
| 3. นายศุภชัย สีสัน | ครูแผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ |

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์
อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง |
| 2. รศ.อรรณพร ฤทธิเกิด | รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์
อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง |
| 3. อาจารย์ ดร. อภิชาติ อนุกุลเวช | หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อ วันที่ 4 ธันวาคม 2560 ให้ดำเนินการดังนี้

นายกรณพ บุญกว้าง รหัสประจำตัว 56603175 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้
ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัดของมิเตอร์ (Augmented Reality Supplementary
Learning Media on Extending the Meter Range)” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภรารสวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น
ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2560

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงษ์ มะโน)

คณบดี



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 0383 วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหา

เรียน ผศ.ดร.สันติ ต้นตระกูล

ด้วย นายกรนพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหาว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายกรนพ บุญกว้าง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้ แนบแบบประเมินด้านเนื้อหาตามด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

Samm Ahn
(ดร.ราตรี ศรีพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 0383

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๕ กุมภาพันธ์ 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหา

เรียน นายสง่า คุณำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านเนื้อหา

ด้วย นายกรณพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหาว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้ งานวิจัย ของ นายกรณพ บุญกว้าง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

Srini Srin

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 093-517-6883

ที่ ศธ 0524.04/ 0383



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 กุมภาพันธ์ 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหา

เรียน นายศุภชัย สีสัน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านเนื้อหา

ด้วย นายครนพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้ งานวิจัย ของ นายครนพ บุญกว้าง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 093-517-6883



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 0383 วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี

ด้วย นายครนพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบและประเมินแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายครนพ บุญกว้าง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

Siriratt Siriratt

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

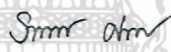
หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 0383 วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ด้วย นายครนพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบและประเมินแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายครนพ บุญกว้าง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย


(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 0383

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 กุมภาพันธ์ 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน ดร.อภิชาติ อนุกุลเวช

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ด้วย นายครนพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายครนพ บุญกว้าง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

Smmv Ohm

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 093-517-6883



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0743

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

พ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพบ้านฝื่อ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. สื่อการสอน

ด้วย นายครนพ บุญกว้าง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สื่อการ
สอนเสริมเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวารสุวัฒน์
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ ๔ ธันวาคม
๒๕๖๐ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ นายครนพ บุญกว้าง
เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้สื่อการสอนกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 แผนกไฟฟ้า ภายใน
สถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๘๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๙๓-๕๑๗-๖๘๘๓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินด้านเนื้อหา
ข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเนื้อหา ข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา เกี่ยวกับการประเมินข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ
 - ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์
 - ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์
3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินมี 5 ระดับ มีความหมาย ดังนี้
 - ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก
 - ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี
 - ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
 - ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้
 - ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นายครนพ บุญกว้าง)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินด้านเนื้อหา
ข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

.....
ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ของข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
2. การแบ่งเนื้อหา มีความเหมาะสม					
3. ความถูกต้องของเนื้อหา					
4. ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา					
5. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้					
6. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
7. เนื้อหา มีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
8. ความเหมาะสมของเนื้อหา กับระดับของผู้เรียน					
รวม					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ข้อเสนอเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์ มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เกี่ยวกับการประเมินสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัตของมิเตอร์ เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์
3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินมี 5 ระดับ มีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นายครนพ บุญกว้าง)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตรบัณฑิตและเทคโนโลยี
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องการขยายย่านวัตของมิเตอร์ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
		5	4	3	2	1
1	ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอ					
	1.1 เอกสารมีความน่าสนใจ					
	1.2 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้เป็นตัว marker					
	1.3 ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ					
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละหัวข้อ					
	1.5 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน					
2	ด้านรูปภาพประกอบ					
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด					
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำอธิบาย					
	2.3 ความเหมาะสมของรูปภาพที่ใช้					
	2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้					
3	ด้านตัวอักษรประกอบ					
	3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
	3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร					
	3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
4	ด้านภาพเคลื่อนไหวประกอบสื่อ					
	4.1 ภาพเคลื่อนไหวสอดคล้องกับเนื้อหา					
	4.2 ภาพเคลื่อนไหวมีขนาดเหมาะสม					
	4.3 ภาพเคลื่อนไหวมีความคมชัด					
	4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย					
รวม						

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
		1	2	3			
1	เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	4	4.33	0.58	ดี
2	การแบ่งเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
3	ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	4	4.33	0.58	ดี
4	ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
5	ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
6	ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
7	เนื้อหาที่มีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4	5	4	4.33	0.58	ดี
8	ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		35	38	35	4.50	0.00	ดีมาก

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
		1	2	3			
1	ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอ						
	1.1 เอกสารมีความน่าสนใจ	5	5	4	4.68	0.58	ดีมาก
	1.2 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้เป็นตัว marker	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละหัวข้อ	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	1.5 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
เฉลี่ยรวม		4.60	4.40	4.40	4.47	0.51	ดี
2	ด้านรูปภาพประกอบ						
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำอธิบาย	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของรูปภาพที่ใช้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
เฉลี่ยรวม		4.25	4.75	4.50	4.50	0.52	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			\bar{x}	S.D.	ระดับคุณภาพ
		1	2	3			
3	ด้านตัวอักษรประกอบ						
	3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	เฉลี่ยรวม	4.67	4.67	4.67	4.67	0.50	ดีมาก
4	ด้านภาพเคลื่อนไหวประกอบสื่อ						
	4.1 ภาพเคลื่อนไหวสอดคล้องกับเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	4.2 ภาพเคลื่อนไหวมีขนาดเหมาะสม	4	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	4.3 ภาพเคลื่อนไหวมีความคมชัด	4	4	4	4.00	0.00	ดี
	4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	เฉลี่ยรวม	4.25	4.25	4.75	4.42	0.51	ดี
	เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.43	4.50	4.56	4.50	0.26	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
กับวัตถุประสงค์ เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			ΣR	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
2	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
3	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
5	0	0	1	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
15	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
16	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
17	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
18	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
23	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
24	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
25	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
26	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
27	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
28	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
29	0	0	1	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
31	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
32	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
33	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
34	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
35	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			Σ^R	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
36	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
38	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
39	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
40	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
41	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

จากตารางแสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์ (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวน 41 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 34 ข้อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การขยายย่านวัตของมิเตอร์

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. FSD หมายถึงอะไร

- ก. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มของเครื่องวัดเคลื่อนที่ได้เต็มหน้าปัดทางขวาพอดี
- ข. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มของเครื่องวัดเคลื่อนที่ได้เต็มหน้าปัดทางซ้ายพอดี
- ค. ปริมาณกระแสที่ทำให้เข็มอยู่กับที่
- ง. ปริมาณกระแสที่ทำให้เข็มอยู่กึ่งกลางหน้าปัด

2. การต่อแอมมิเตอร์กระแสตรงวัดค่ากระแสไฟตรง ข้อใดถูกต้อง

- ก. ต่อแอมมิเตอร์กระแสตรงขนานกับวงจร ขั้วเครื่องวัดตรงกับขั้วของแหล่งจ่าย
- ข. ต่อแอมมิเตอร์กระแสตรงอนุกรมกับวงจร ขั้วเครื่องวัดตรงกับขั้วของแหล่งจ่าย
- ค. ต่อแอมมิเตอร์กระแสตรงขนานกับวงจร ไม่คำนึงถึงขั้ว
- ง. ต่อแอมมิเตอร์กระแสตรงอนุกรมกับวงจร ไม่คำนึงถึงขั้ว

3. การขยายย่านวัตแอมมิเตอร์กระแสตรง มีหลักการอย่างไร

- ก. ใช้ตัวต้านทานค่าสูง ต่ออนุกรมกับขดลวดเคลื่อนที่
- ข. การใช้ตัวต้านทานค่าต่ำ ต่ออนุกรมกับขดลวดเคลื่อนที่
- ค. การใช้ตัวต้านทานค่าต่ำ ต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่
- ง. ใช้ตัวต้านทานค่าสูง ต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่

4. สมการใดกล่าวถูกต้องสำหรับเครื่องวัดกระแสไฟตรง

- ก. $I_s R_s = I_m R_m$
- ข. $I_s = I + I_m$
- ค. $I_m R_s = I_m R_m$
- ง. $I_s R_s = I_m R_m$

5. สมการใด กล่าวถูกต้องสำหรับเครื่องวัดกระแสไฟตรงหลายย่านวัตแบบ Individual

- ก. $R_{sn} = \frac{I_m R_m}{I_{sn}}$
- ข. $I_{sn} = \frac{R_m}{I_{sn}}$
- ค. $R_m = \frac{I_m R_{sn}}{I_{sn}}$
- ง. $I_m = \frac{R_m}{I_{sn}}$

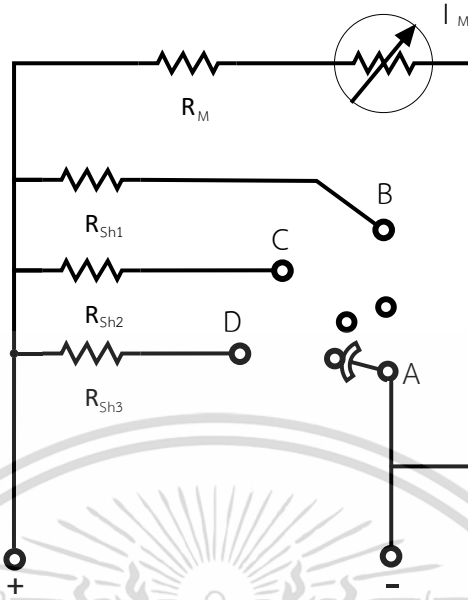
6. มิเตอร์ตัวหนึ่งมีกระแสสูงสุด $I_m = 1 \text{ mA}$ มี $R_m = 1 \text{ k}\Omega$ ต้องการวัดกระแส 10 mA ต้องใช้ตัวต้านทานชนิดเท่าใด

- ก. 10 k Ω
- ข. 111 k Ω
- ค. 10 Ω
- ง. 111 Ω

7. แอมมิเตอร์หลายย่านวัตมีกี่ชนิด

- ก. 1 ชนิด
- ข. 2 ชนิด
- ค. 3 ชนิด
- ง. 4 ชนิด

8. จากรูป เป็นแอมมิเตอร์หลายย่านวัดชนิดใด



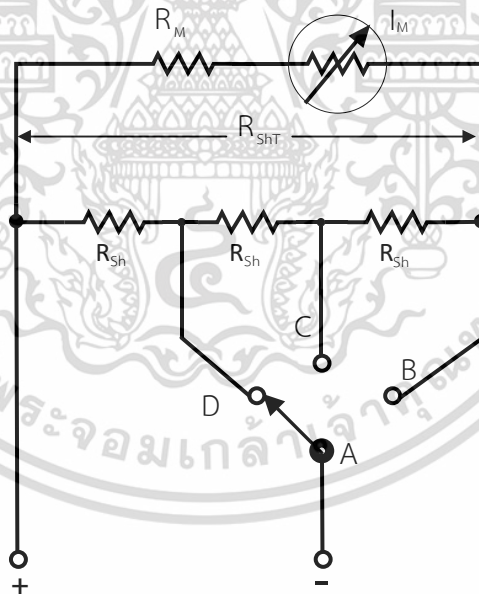
ก. Clamp

ค. Individual

ข. Ayton Shunt

ง. Potentio

9. จากรูป เป็นแอมมิเตอร์หลายย่านวัดชนิดใด



ก. Clamp

ค. Individual

ข. Ayton Shunt

ง. Potentio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. จากรูป อ่านค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าเท่าใด



ก. 120 mA

ข. 130 mA

ค. 140 mA

ง. 150 mA

11. ย่านการวัดของโวลต์มิเตอร์ ในแต่ละย่านจะต้องต่อตัวต้านทานชนิดใด และต่อในลักษณะใดเข้ากับขดลวดเคลื่อนที่

ก. ใช้ตัวต้านทานแบบตัวคูณ และต่อแบบอันดับ

ข. ใช้ตัวต้านทานชั้น ต่อแบบขนาน

ค. ใช้ตัวต้านทานแบบตัวคูณ และต่อแบบขนาน

ง. ใช้ตัวต้านทานชั้น และต่อแบบอันดับ

12. แรงดันไฟฟ้า V_{FS} หมายถึงอะไร

ก. แรงดันไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์

ข. แรงดันไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอยู่กับที่

ค. แรงดันไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์แล้วทำให้เข็มชี้เต็มสเกล

ง. แรงดันไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์แล้วทำให้เข็มชี้ครึ่งสเกล

13. สมการใด กล่าวถูกต้องสำหรับเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ก. $I_S R_S = I_M R_M$

ข. $E_{FS} R_{FS} = I_{FS} R_M$

ค. $E_{FS} = I_{FS} (R_S + R_M)$

ง. $I_{FS} = E_{FS} (R_S + R_M)$

14. มาตรฐานตัวหนึ่งวัดกระแสไฟฟ้าเต็มสเกล 1 mA มีค่าความต้านทานภายในมาตรฐานวัด 50 Ω มาตรฐานตัวนี้เดิมวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุดเท่าไร

ก. 50 μV

ข. 50 mV

ค. 50 V

ง. 50 kV

15. ดีซีโวลต์มิเตอร์ตัวหนึ่งมีค่าความต้านทานภายใน 400 Ω วัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 50 mA ต้องการนำไปวัดแรงดันไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 250 V อยากทราบค่าตัวต้านทานต่ออนุกรมในวงจรมีค่าเท่าไร

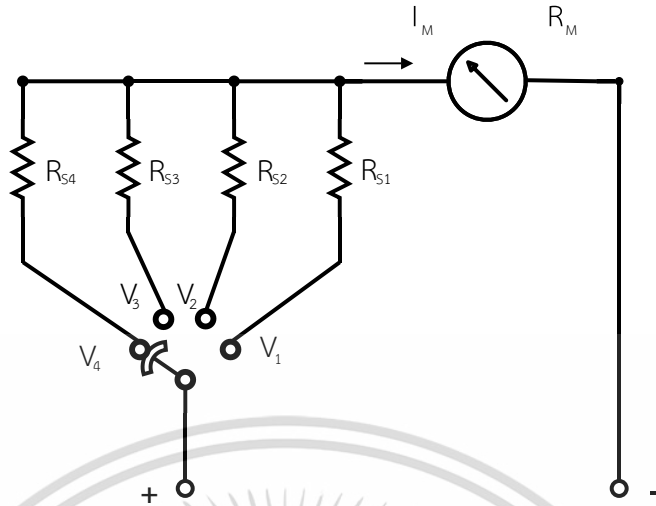
ก. 4.6 Ω

ข. 460 Ω

ค. 4.6 k Ω

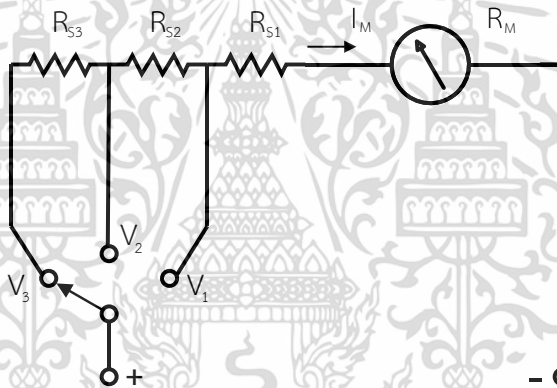
ค. 460 k Ω

16. จากรูป เป็นโวลต์มิเตอร์แบบหลายย่านวัดแบบใด



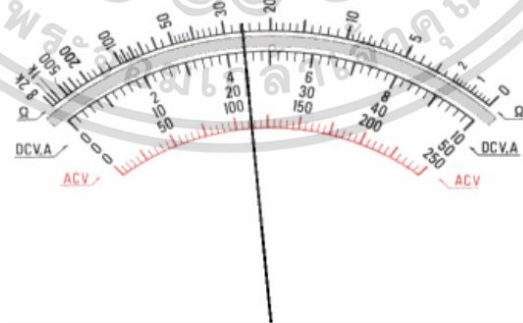
- ก. แบบ Clamp **ข. แบบ Individual** ค. แบบ Universal ง. แบบ multiplier

17. จากรูป เป็นโวลต์มิเตอร์แบบหลายย่านวัดแบบใด



- ก. แบบ Clamp ข. แบบ Individual **ค. แบบ Universal** ง. แบบ multiplier

18. จากรูป ถ้าตั้งย่านวัด 0.5 V ที่ตำแหน่งเข็มชี้ อ่านค่าได้เท่าใด

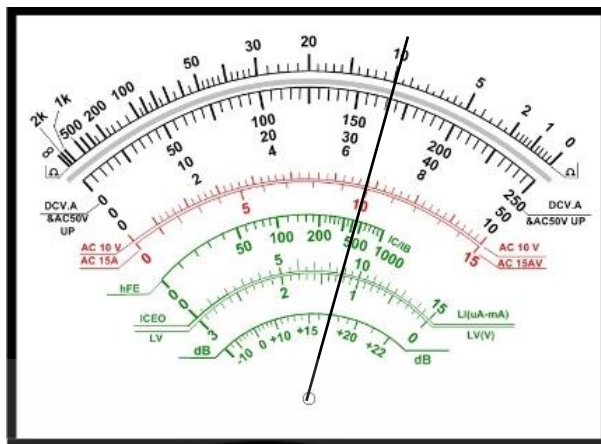


- ก. 0.44 V ข. 0.12 V **ค. 0.22 V** ง. 1.65 V

19. สเกลของดีซีโวลต์มิเตอร์โดยทั่วไปมีลักษณะใด

- ก. ค่าตัวเลขกำกับบนสเกลเรียงค่าน้อยทางขวาไปค่ามากทางซ้าย
 ข. ขณะไม่วัดค่าเข็มชี้ขี้อยู่ทางขวาของสเกล
ค. แต่ละช่องสเกลมีระยะห่างเท่ากัน
 ง. มีค่าศูนย์อยู่ทางขวาของสเกล

30. จากรูป ถัดตั้งย่านวัด R x 10 ที่ตำแหน่งเข็มชี้ อ่านค่าได้เท่าใด



ก. 1 Ω

ข. 1 k Ω

ค. 100 Ω

ง. 10 Ω



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N=40

ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R _U)	กลุ่ม อ่อน (R _L)	ความ ยากง่าย (P)	แปลความ หมายความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	แปลความหมาย ค่าอำนาจจำแนก	ผลการ ประเมิน
*1	20	20	1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ไม่ยอมรับ
2	19	13	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.30	พอใช้	ยอมรับได้
3	18	14	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
4	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
5	18	12	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.30	พอใช้	ยอมรับได้
6	15	9	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.30	พอใช้	ยอมรับได้
7	16	9	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.35	พอใช้	ยอมรับได้
8	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
9	17	12	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
10	16	12	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
11	18	14	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
12	18	13	0.78	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
13	18	14	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
14	15	10	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
15	18	14	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
16	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
17	16	10	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.30	พอใช้	ยอมรับได้
18	13	9	0.55	ยากพอเหมาะ	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
19	14	10	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
20	17	9	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดี	ยอมรับได้
21	18	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
*22	19	14	0.83	ง่ายมาก	0.30	พอใช้	ไม่ยอมรับ
23	17	12	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
24	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
25	17	12	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
26	17	12	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
27	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
28	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
29	15	7	0.55	ยากพอเหมาะ	0.40	ดี	ยอมรับได้
30	17	13	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้
31	18	13	0.78	ค่อนข้างง่าย	0.25	พอใช้	ยอมรับได้
32	16	12	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R _U)	กลุ่ม อ่อน (R _L)	ความ ยากง่าย (P)	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	ค่า (q)	ค่า (p)	ค่า (pq)	ผลการ ประเมิน
1	19	18	0.93	0.05	0.08	0.93	0.07	ยอมรับไม่ได้
2	18	14	0.80	0.20	0.20	0.80	0.16	ยอมรับได้
3	17	12	0.73	0.25	0.28	0.73	0.20	ยอมรับได้
4	16	9	0.63	0.35	0.38	0.63	0.23	ยอมรับได้
5	15	10	0.63	0.25	0.38	0.63	0.23	ยอมรับได้
6	14	8	0.55	0.30	0.45	0.55	0.25	ยอมรับได้
7	13	9	0.55	0.20	0.45	0.55	0.25	ยอมรับได้
8	16	12	0.70	0.20	0.30	0.70	0.21	ยอมรับได้
9	17	13	0.75	0.20	0.25	0.75	0.19	ยอมรับได้
10	18	13	0.78	0.25	0.23	0.78	0.17	ยอมรับได้
11	14	12	0.65	0.10	0.35	0.65	0.23	ยอมรับไม่ได้
12	17	13	0.75	0.20	0.25	0.75	0.19	ยอมรับได้
13	18	16	0.85	0.10	0.15	0.85	0.13	ยอมรับไม่ได้
14	19	17	0.90	0.10	0.10	0.90	0.09	ยอมรับไม่ได้
15	14	9	0.58	0.25	0.43	0.58	0.24	ยอมรับได้
16	18	14	0.80	0.20	0.20	0.80	0.16	ยอมรับได้
17	17	12	0.73	0.25	0.28	0.73	0.20	ยอมรับได้
18	15	7	0.55	0.40	0.45	0.55	0.25	ยอมรับได้
19	14	7	0.53	0.35	0.48	0.53	0.25	ยอมรับได้
20	17	13	0.75	0.20	0.25	0.75	0.19	ยอมรับได้
21	18	14	0.80	0.20	0.20	0.80	0.16	ยอมรับได้
22	16	12	0.70	0.20	0.30	0.70	0.21	ยอมรับได้
23	19	13	0.80	0.30	0.20	0.80	0.16	ยอมรับได้
24	16	9	0.63	0.35	0.38	0.63	0.23	ยอมรับได้
25	19	10	0.73	0.45	0.28	0.73	0.20	ยอมรับได้
26	17	11	0.70	0.30	0.30	0.70	0.21	ยอมรับได้
27	15	10	0.63	0.25	0.38	0.63	0.23	ยอมรับได้
28	16	12	0.70	0.20	0.30	0.70	0.21	ยอมรับได้
29	17	13	0.75	0.20	0.25	0.75	0.19	ยอมรับได้
30	15	8	0.58	0.35	0.43	0.58	0.24	ยอมรับได้
31	14	9	0.58	0.25	0.43	0.58	0.24	ยอมรับได้
32	18	14	0.80	0.20	0.20	0.80	0.16	ยอมรับได้
33	18	13	0.78	0.25	0.23	0.78	0.17	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R _U)	กลุ่ม อ่อน (R _L)	ความ ยากง่าย (P)	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	ค่า (q)	ค่า (p)	ค่า (pq)	ผลการ ประเมิน
34	19	13	0.80	0.30	0.20	0.80	0.16	ยอมรับได้
รวม	563	399	0.59	8.2			6.67	

ตาราง ๑.3 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	X	X ²
กลุ่มสูงคนที่ 1	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 2	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 3	30	900
กลุ่มสูงคนที่ 4	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 5	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 6	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 7	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 8	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 9	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 10	24	576
กลุ่มสูงคนที่ 11	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 12	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 13	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 14	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 15	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 16	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 17	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 18	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 19	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 20	29	841
กลุ่มต่ำคนที่ 1	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 2	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 3	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 4	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 5	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 6	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 7	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 8	19	361

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.3 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	X	X ²
กลุ่มต่ำคนที่ 9	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 10	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 11	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 12	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 13	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 14	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 15	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 16	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 17	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 18	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 19	22	484
กลุ่มต่ำคนที่ 20	22	484
รวม	$\sum(x) = 962$	$\sum(x^2) = 23866$

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(40 \times 23866) - (962)^2}{40(40-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(954640) - (925444)}{1560}$$

$$S_t^2 = 18.72$$

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

$$r_{tt} = \frac{34}{33} \left[1 - \frac{6.67}{18.72} \right]$$

$$r_{tt} = 0.66$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.4 คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้					
คนที่	หน่วยที่ 1 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (10 คะแนน)	คะแนนเต็ม (30 คะแนน)	คิดเป็น (100 %)
1	9	10	10	29	96.67
2	9	8	9	26	86.67
3	9	7	9	25	83.33
4	9	8	8	25	83.33
5	9	9	10	28	93.33
6	9	9	7	25	83.33
7	8	8	8	24	80.00
8	9	7	9	25	83.33
9	8	7	9	24	80.00
10	9	8	7	24	80.00
11	7	7	7	21	70.00
12	6	7	7	20	66.67
13	9	9	9	27	90.00
14	9	7	9	25	83.33
15	9	8	9	26	86.67
16	7	6	8	21	70.00
17	8	8	9	25	83.33
18	8	7	9	24	80.00
19	8	7	7	22	73.33
20	8	7	8	23	76.67
เฉลี่ย					81.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.5 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		
คนที่	คะแนนเต็ม (30 คะแนน)	คิดเป็น (100 %)
1	28	93.33
2	28	93.33
3	27	90.00
4	26	86.67
5	26	86.67
6	25	83.33
7	25	83.33
8	24	80.00
9	26	86.67
10	23	76.67
11	26	86.67
12	21	70.00
13	24	80.00
14	25	83.33
15	27	90.00
16	22	73.33
17	21	70.00
18	21	70.00
19	24	80.00
20	24	80.00
	เฉลี่ย	82.17

การคำนวณเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน โดยมีวิธีการดังนี้

สมมติฐานของการวิจัย

ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตั้งสมมติฐานทางสถิติ H_0 และ H_1

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

โดยที่

μ_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

μ_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

H_0 คือ สมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงต่ำกว่าหรือเท่ากับก่อนเรียน

H_1 คือ สมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงสูงกว่าก่อนเรียน

กำหนดระดับนัยสำคัญ

ระดับนัยสำคัญ (α) = .05 หมายความว่า การทดสอบครั้งนี้มีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ $(1 - \alpha)$.
100% = 95%

คำนวณหาค่า t (Dependent Sample t-test)

ผู้วิจัยได้พิจารณาจากกลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($N \leq 20$) และกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มีจำนวน 18 คน จึงสามารถตั้งข้อตกลงได้ว่า ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มีค่าเท่ากัน ($\delta_1^2 = \delta_2^2$) จึงสามารถใช้สูตร t-test โดยไม่ต้องหาค่าความแปรปรวน เพื่อเลือกใช้สูตร t-test ดังนั้นการคำนวณหาค่า t จึงใช้สูตร

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

ผลการคำนวณเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง แสดงดังตารางที่ ๖.6

ตารางที่ ๖.6 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน แบบทดสอบ	จำนวน ผู้เรียน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	20	30	20.55	2.33	16.28*	0.0000
หลังเรียน	20	30	24.45	2.28		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

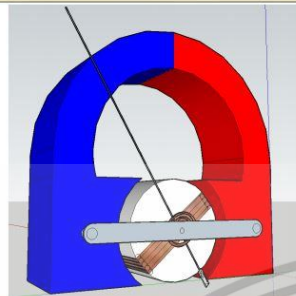
จากตารางที่ ๖.6 เป็นผลที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยสื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ข้อมูลที่ได้คือผลการคำนวณหาค่า t ในส่วนของ dependent Samples t-test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์



โดย นายครนพ บุญกว้าง

การใช้ติดตั้งและการใช้งาน HP Reveal



2. ทำการติดตั้งการใช้งาน App HP Reveal บนเครื่องมือถือทั้ง



3. เปิด App HP Reveal ทำการสแกนบาร์โค้ด หรือ QR-Code ที่พิมพ์เตรียมไว้



วัตถุประสงค์

- การขยายย่านวัดแอมมิเตอร์กระแส
1. บอกคุณสมบัติของมิเตอร์กระแสได้
 2. บอกโครงสร้างของแอมมิเตอร์กระแสได้
 3. คำนวณหาความต้านทานที่ใช้งานขยายการวัดของแอมมิเตอร์กระแสแบบต่าง ๆ ได้
 4. ออกแบบวงจรขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์กระแสแบบต่าง ๆ ได้
 5. บอกส่วนต่าง ๆ บนแผงหน้าปัดและย่านวัดของมิเตอร์กระแสได้
- การขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์กระแส
1. บอกคุณสมบัติของโวลต์มิเตอร์กระแสได้
 2. บอกโครงสร้างของโวลต์มิเตอร์กระแสได้
 3. คำนวณหาความต้านทานที่ใช้งานขยายการวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสแบบต่าง ๆ ได้
 4. ออกแบบวงจรขยายย่านการวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสแบบต่าง ๆ ได้
 5. บอกส่วนต่าง ๆ บนแผงหน้าปัดและย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสได้
- การขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์กำลัง
1. บอกคุณสมบัติของโวลต์มิเตอร์ได้
 2. บอกโครงสร้างของโวลต์มิเตอร์ได้
 3. คำนวณหาความต้านทานที่ใช้งานขยายการวัดของโวลต์มิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
 4. ออกแบบวงจรขยายย่านการวัดของโวลต์มิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
 5. บอกส่วนต่าง ๆ บนแผงหน้าปัดและย่านวัดของโวลต์มิเตอร์ได้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องแอมมิเตอร์กระแส	1
บทที่ 1 แอมมิเตอร์กระแส	2
1.1 โครงสร้างของแอมมิเตอร์กระแส	2
1.2 คำนวณหาความต้านทานวัดของแอมมิเตอร์กระแส	4
1.3 การขยายย่านวัดของแอมมิเตอร์ในแผงหน้าปัด	6
1. การขยายย่านวัดกระแสของแอมมิเตอร์แบบ Individual Ammeter	6
2. การขยายย่านวัดกระแสของแอมมิเตอร์หลายย่านวัด แบบ Ayrton Shunt	8
1.4 การอ่านแบบหน้าปัดชนิดเข็มและย่านวัดของแอมมิเตอร์กระแสแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องแอมมิเตอร์กระแส	9
แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องโวลต์มิเตอร์กระแส	11
บทที่ 2 โวลต์มิเตอร์กระแส	12
2.1 โครงสร้างโวลต์มิเตอร์กระแส	13
2.2 การคำนวณและขยายย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแส	14
2.3 การขยายย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสแบบหลายย่านวัด	17
1. การขยายย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสหลายย่านวัดแบบ Individual type	17
2. การขยายย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสหลายย่านวัดแบบ Universal Type	18
2.4 ลักษณะการปรับและย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแส	20
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องโวลต์มิเตอร์กระแส	22
แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องโวลต์มิเตอร์กำลัง	23
บทที่ 3 โวลต์มิเตอร์	24
3.1 การวัดความต้านทาน	24
3.2 การขยายโวลต์มิเตอร์ป้อน	25
3.3 ประเภทของโวลต์มิเตอร์	26
1. โวลต์มิเตอร์แบบอนุกรม	26
2. โวลต์มิเตอร์แบบขนาน	27
3. โวลต์มิเตอร์แบบผสม	28
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องโวลต์มิเตอร์	22
แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่องโวลต์มิเตอร์	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
เรื่อง แอมมิเตอร์กระแสตรง

วัตถุประสงค์

การขยายอันตรกิริยาแอมมิเตอร์กระแสตรง

1. บอกคุณสมบัติแอมมิเตอร์กระแสตรงได้
2. บอกโครงสร้างของแอมมิเตอร์กระแสตรงได้
3. คำนวณค่าความต้านทานที่ใช้ขยายอันตรกิริยาแอมมิเตอร์กระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
4. ออกแบบวงจรขยายอันตรกิริยาของแอมมิเตอร์กระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
5. บอกส่วนต่าง ๆ บนเกลื่อนหน้าปัดและอันตรกิริยาแอมมิเตอร์กระแสตรงได้

แบบทดสอบก่อนเรียน
บทที่ 1
เรื่องแอมมิเตอร์กระแสตรง



แนะนำ... ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1. นักศึกษาใช้ App HP Reveal Scan QR-Code
2. ทำการ Login เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง
3. นักศึกษาทำการตอบข้อสอบส่วนหัวของหนังสือ
4. นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ
5. เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

****หากนักศึกษาไม่สามารถกดปุ่มเพื่อทำการส่งคำตอบไม่ได้ กรุณาแจ้งวิทยากรที่ทำการสอนทันที

บทที่ 1
แอมมิเตอร์กระแสตรง

แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Ammeter) เป็นเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าได้หลายค่า คือ วัดกระแสไฟฟ้าเป็นไมโครแอมแปร์ เรียกว่า ไมโครแอมมิเตอร์ (Microammeter) วัดกระแสไฟฟ้าเป็นมิลลิแอมแปร์ เรียกว่า มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) และใช้วัดกระแสไฟฟ้าเป็นแอมแปร์ เรียกว่า แอมมิเตอร์ ตัวอย่างมีทั้งแอมมิเตอร์และแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างมีทั้งแอมมิเตอร์และแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1 โครงสร้างของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

โครงสร้างของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวรและตัวต้านทานขั้ว

1. ขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวร โครงสร้างของแอมมิเตอร์เบื้องต้นจะใช้รูปแบบของดาร์วินวาล์วมิเตอร์ การทำงานโดยใช้กระแสไฟฟ้าเข้าขั้วมิเตอร์ แต่เนื่องจากโครงสร้างมีขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งรับกระแสไฟฟ้าได้จำกัดค่าหนึ่งจึงมีขนาดมาก แต่เกิดความคล่องตัวในการทำงาน โดลด์เคลื่อนที่ของอาร์มเจอร์จะเกิดแรงเสียดทานน้อย ช่วยให้การวัดค่ามีความเที่ยงตรงมากขึ้นด้วย ข้อจำกัดของโครงสร้างนี้ทำให้ค่าที่วัดได้มีขีดจำกัดการใช้งานในวงแคบๆ แต่ถ้าต้องการวัดกระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณสูงเกินค่าจำกัดของกระแสไฟฟ้า จึงต้องนำตัวต้านทานมาต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ส่วนที่เป็นค่าจำกัดค่าต่อโครงสร้างของดาร์วินวาล์วมิเตอร์ซึ่งเป็นขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Moving Coil: PMMC) ดังภาพที่ 1.2

3

ภาพที่ 1.2 แสดงโครงสร้างของดาร์วินวาล์วมิเตอร์

จากภาพที่ 1.2 แสดงแม่เหล็กถาวรรูป U ที่มีขั้วกับแกนเหล็กอ่อนรูปทรงระฆังคอกที่ติดกับแม่เหล็กถาวรตรงช่วงขั้วเหนือได้ โดยมีขดลวดเล็ก ๆ พันอยู่รอบ ๆ เรียกว่า ขดลวดขดขั้ว (Armature) หรือ ขดลวดเคลื่อนที่ ขดลวดนี้จะพันรอบแกนเหล็กที่ขั้วที่มีน้ำหนักเบา ๆ และยึดอยู่กับขั้วด้วย เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่รอบแกนได้ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ขั้วนี้จะเกิดการหมุน

2. ตัวต้านทานขั้ว การวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าตั้งแต่ 10 มิลลิแอมป์ จนถึงหลายแอมป์ การวัดด้วยขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวรทำได้จำกัดค่าหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็ก ขดลวดของเครื่องวัดเล็กจึงใช้การขยายทำได้จำกัดค่าหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็ก เมื่อต้องการวัดกระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณสูงเกินค่าจำกัดของกระแสไฟฟ้า จึงต้องนำตัวต้านทานมาต่อขนานหรือเรียกว่า "ตัวต้านทานขั้ว (Shunt Resistor: R_{sh})" มาต่อขนานเข้ากับขั้วการวัดกระแสไฟฟ้า ตัวต้านทานขั้วบนรูปทำหน้าที่แบ่งกระแสไฟฟ้าส่วนเกินที่ดาร์วินวาล์วมิเตอร์รับไม่ได้ไปผ่านตัวต้านทานขั้วบนรูปไป ขดลวดของตัวต้านทานขั้วนี้ใช้โดยขนานกับดาร์วินวาล์วมิเตอร์ดังภาพที่ 1.3 ซึ่งสามารถต่อขั้วเข้ากับขดลวดเคลื่อนที่ตัวได้ เพื่อช่วยเพิ่มให้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้สูงมากขึ้น



ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างของตัวต้านทานขั้วบนรูป

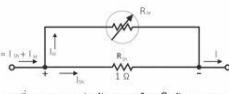
4

1.2 การขยายอันตรกิริยาของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(1) การขยายอันตรกิริยาของแอมมิเตอร์ขั้วเดียวแบบขั้วเดี่ยวชนิด (Single Shunt Type of Ammeter) โดยใช้ขดลวดของทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทานขั้ว (Shunt Resistor: R_{sh}) มาต่อขนานกับภาพที่ 1.4 เพื่อแบ่งกระแสไฟฟ้าที่เข้าแอมมิเตอร์มิเตอร์เป็นกระแสไฟฟ้าที่แสดง

ภาพที่ 1.4 ภาพจำลองการวัดตัวต้านทานขั้วเดี่ยวกับขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวร

จากภาพที่ 1.4 เมื่อนำมาเขียนเป็นวงจรไฟฟ้าของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Ammeter Circuit) ได้ดังภาพที่ 1.5 และเป็นพื้นฐานของการขยายอันตรกิริยาของแอมมิเตอร์ประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวรและตัวต้านทานขั้วซึ่งมีความต้านทานต่ำ กระแสเคลื่อนที่ (I_m) หรือกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดขั้วเคลื่อนที่ส่งออกไปยังกระแสเคลื่อนที่ (I_{sh}) ดังนั้นกระแสไฟฟ้า (I) จึงเป็นอัตรา (Range) ของแอมมิเตอร์



ภาพที่ 1.5 การขยายอันตรกิริยาของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.25 โดยให้ R_{sh} ต่อขนานกับดาร์วินวาล์วมิเตอร์ R_m เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าในวงจรกระแสไฟฟ้าถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งผ่านดาร์วินวาล์วมิเตอร์ อีกส่วนหนึ่งผ่านตัวต้านทานขั้ว ซึ่งหาของ I_{sh} กำหนดไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบหลังเรียน
บทที่ 2
เรื่องโวลต์มีเตอร์กระแสตรง



- แนะนำ: ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ
1. นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code
 2. ทำการ Login เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง
 3. นักศึกษาทำการกรอกชื่อผู้เรียนหรือชื่อตนเอง
 4. นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมป์มีเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ
 5. เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)
- *****หากนักศึกษามีความยากลำบากเนื่องจากการส่งคำตอบไม่ได้ นั้นแสดงว่านักศึกษายังทำแบบทดสอบไม่เสร็จจนครบจำนวนข้อที่กำหนดไว้

บทที่ 3
เรื่อง โอลห์มีเตอร์

- วัตถุประสงค์
 การขยายย่านวัดโวลต์มีเตอร์ไฟฟ้า
1. บอกคุณสมบัติของโวลต์มีเตอร์ได้
 2. บอกโครงสร้างของโวลต์มีเตอร์ได้
 3. คำนวณหาค่าความต้านทานที่ใช้อยู่ขยายการวัดโวลต์มีเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
 4. ออกแบบวงจรขยายการวัดโวลต์มีเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
 5. บอกส่วนต่าง ๆ บนแผงหน้าปัดและย่านวัดโวลต์มีเตอร์ได้

แบบทดสอบก่อนเรียน
บทที่ 3
เรื่องโวลต์มีเตอร์



- แนะนำ: ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ
1. นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code
 2. ทำการ Login เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง
 3. นักศึกษาทำการกรอกชื่อผู้เรียนหรือชื่อตนเอง
 4. นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมป์มีเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ
 5. เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)
- *****หากนักศึกษามีความยากลำบากเนื่องจากการส่งคำตอบไม่ได้ นั้นแสดงว่านักศึกษายังทำแบบทดสอบไม่เสร็จจนครบจำนวนข้อที่กำหนดไว้

บทที่ 3
โวลต์มีเตอร์

โวลต์มีเตอร์ (Voltmeter) เป็นอุปกรณ์วัดค่าแรงดัน โดยที่ปรอทใช้ การสังหารมีเตอร์ ต่อร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันและความต้านทาน โดยที่ปัดในแรงดันที่ กระแสที่ไหลผ่านขั้วเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนของแรงดันที่วัดค่าที่เรียกว่าค่า สเกลของโวลต์มีเตอร์ที่อ่านค่ากระแสแล้วจะถูกปรับให้เทียบก่อนกับปัดความต้านทาน

3.1 การวัดค่าความต้านทาน

เราสามารถหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานหรือตัวอุปกรณ์อื่น ๆ ได้โดยใช้กฎของโอห์ม (Ohm's Law) นำค่าแรงดันค่าความต้านทาน โดยใช้วิธีวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรที่ต้องการหาค่าหรือวัดโวลต์มีเตอร์ และใช้วิธีวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรที่ต้องการหาค่าหรือแอมป์มีเตอร์ นำค่าที่ใช้ได้จากการวัดทั้งสองไปคำนวณหาความต้านทานของตัวต้านทาน

การวัดค่าความต้านทานที่มีโวลต์มีเตอร์และแอมป์มีเตอร์ จะใช้ตัวต้านทานที่ต้องการหาค่า คือ แอมป์มีเตอร์เป็นอนุกรมกับตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่า และต่อโวลต์มีเตอร์ขนานกับตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่า และต่อโวลต์มีเตอร์และแอมป์มีเตอร์ทั้งนี้จึงใช้มาตรการให้ถูกก่อนจะวัดและจ่ายไฟฟ้า นำค่าแรงดันไฟฟ้า (E) และกระแสไฟฟ้า (I) ซึ่งวัดได้ไปคำนวณหาค่าความต้านทาน (R) ที่ต้องการหาค่าโดยใช้กฎของโอห์มดังนี้

$$R = \frac{E}{I} \quad (2.6)$$

เมื่อ R = ความต้านทาน หน่วย Ω
 E = แรงดันไฟฟ้า หน่วย V
 I = กระแสไฟฟ้า หน่วย A

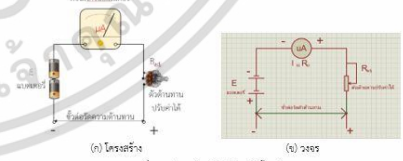
การหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานด้วยวิธีวัดแรงดันไฟฟ้าและวัดกระแสไฟฟ้า นำค่าความต้านทานซึ่งถูกคูณแล้วจึงสามารถทำได้ แต่เกิดความยุ่งยากในการวัดค่า เพราะขั้วของขดลวดหรือขั้วที่วัดค่าจะสัมผัสกับขั้วและกระแสไฟฟ้าในไม่ช้าก็สิ้น นำมาคำนวณมีขั้วของขดลวดหรือขั้วที่วัดค่าหรือการหาค่าความต้านทานจำนวนมาก จะต้องเสียเวลาในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในไม่ช้าก็สิ้น นอกจากนั้นยังอาจเกิดความผิดพลาดจากการวัดค่าและอ่านค่าได้ยาก จากความสับสนและไม่มี

ผลของค่าที่กล่าวได้ไม่มีการชั่งน้ำหนักหรืออินโอมเป็นเชิงเส้น เพื่อให้ได้ค่าความต้านทานในวงจร เรียกว่า โวลต์มีเตอร์ (Ohmmeter)

3.2 โครงสร้างโวลต์มีเตอร์เบื้องต้น

โวลต์มีเตอร์เป็นภาควัดไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานค่าต่างๆ โดยสามารถวัดค่าความต้านทานและอ่านค่าความต้านทานออกมาได้โดยตรงจากตัวมาตรวัดโวลต์มีเตอร์เป็นมาตรวัดที่ถูกต้องแม่นยำจากมาตรวัดที่ขึ้นรูปจากตัวมาตรวัดโวลต์มีเตอร์ หรือดีวีโวลต์มีเตอร์ ทำให้มาตรวัดค่าออกมาเป็นค่าความต้านทานโดยตรง

การทำงานของโวลต์มีเตอร์ อาศัยคุณสมบัติของค่าความต้านทานที่นำมาต่อวัด ที่จะคอยต้านทานไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ค่าความต้านทานที่วัดค่าแตกต่างกัน ตำแหน่งที่ไหลของกระแสไฟฟ้าที่ได้แตกต่างกันตามกฎของโอห์มดังนี้และ ค่าความต้านทานในวงจรคอยต้านทานไฟฟ้าไหลผ่านวงจร และค่าความต้านทานในวงจรคอยต้านทานไฟฟ้าไหลผ่านวงจรนั้นเอง มีการกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแอมป์มีเตอร์แตกต่างกัน ทำให้ได้ชื่อของแอมป์มีเตอร์นั้นเองและกับมีอินโอมในวงจรคอยต้านทานซึ่งเป็นขดลวดกระแสไฟฟ้าให้เป็นขดลวดความต้านทาน ก็สามารถอ่านแอมป์มีเตอร์นั้นมาวัดค่าความต้านทานได้ โดยเปลี่ยนชื่อมิเตอร์เป็นโวลต์มีเตอร์แทน โครงสร้างโวลต์มีเตอร์เบื้องต้น แสดงดังภาพที่ 3.1



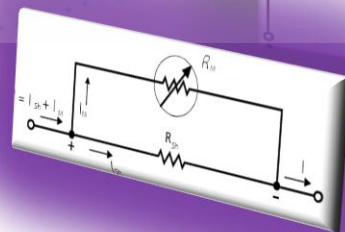
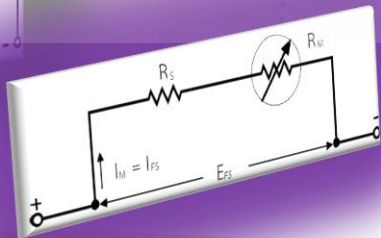
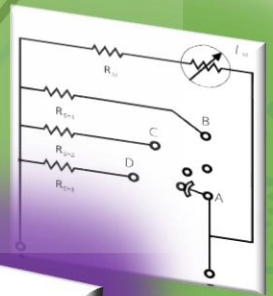
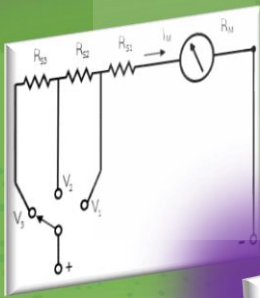
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างโวลต์มีเตอร์เบื้องต้น

จากภาพที่ 3.1 แสดงโครงสร้างโวลต์มีเตอร์เบื้องต้น ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ดีวีโวลต์มีเตอร์ (μA) แบบเคลื่อนที่ (E) และตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_{adj}) ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนต่อรวมกับแบบอนุกรม ตัวต้านทานปรับค่าได้ R_{adj} ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านดีวีโวลต์มีเตอร์มากเกินไปจนเกิดความเสียหายแก่ตัวดีวีโวลต์มีเตอร์นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อสอนเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารฉบับนี้ไว้ด้วย

นายครนพ บุญกว้าง

รศ.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์

การใช้ติดตั้งและการใช้งาน HP Reveal

1. Download App HP Reveal



2. ทำการยืนยันการใช้งาน ค้นหาชื่อ

ar.extending.the.meterrang

3. เปิด App HP Reveal ส่องไปยัง รูปภาพหรือ QR-Code

คู่มือการใช้งาน


REVEAL

**S
c
a
n
n
e
m
e**

1. การขยายย่านวัดแอมมิเตอร์กระแสดตรง

- 1.1 บอกคุณสมบัติแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้
- 1.2 บอกโครงสร้างของแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้
- 1.3 คำนวณหาค่าความต้านทานที่ใช้อย่างยานการวัดของแอมมิเตอร์กระแสดตรงแบบต่าง ๆ ได้
- 1.4 ออกแบบวงจรการขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์กระแสดตรงแบบต่าง ๆ ได้
- 1.5 บอกส่วนต่าง ๆ บนสเกลหน้าปัดและย่านวัดแอมมิเตอร์กระแสดตรงได้

2. การขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์กระแสดตรง

- 2.1 บอกคุณสมบัติโวลต์มิเตอร์กระแสดตรงได้
- 2.2 บอกโครงสร้างของโวลต์มิเตอร์กระแสดตรงได้
- 2.3 คำนวณหาค่าความต้านทานที่ใช้อย่างยานการวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสดตรงแบบต่าง ๆ ได้
- 2.4 ออกแบบวงจรการขยายย่านการวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสดตรงแบบต่าง ๆ ได้
- 2.5 บอกส่วนต่าง ๆ บนสเกลหน้าปัดและย่านวัดโวลต์มิเตอร์กระแสดตรงได้

3. การขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์ไฟฟ้า

- 3.1 บอกคุณสมบัติโอห์มมิเตอร์ได้
- 3.2 บอกโครงสร้างของโอห์มมิเตอร์ได้
- 3.3 คำนวณหาค่าความต้านทานที่ใช้อย่างยานการวัดของโอห์มมิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
- 3.4 ออกแบบวงจรการขยายย่านการวัดของโอห์มมิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
- 3.5 บอกส่วนต่าง ๆ บนสเกลหน้าปัดและย่านวัดโอห์มมิเตอร์ได้

เรื่อง

หน้า

แบบทดสอบก่อนเรียน บทที่ 1 เรื่อง แอมมิเตอร์กระแสตรง

บทที่ 1 แอมมิเตอร์กระแสตรง

- 1.1 โครงสร้างแอมมิเตอร์กระแสตรง
- 1.2 ค่าฉนวนและขยายย่านวัดแอมมิเตอร์กระแสตรง
- 1.3 การขยายย่านวัดแอมมิเตอร์แบบหลายย่านวัด
- 1.4 การอ่านสเกลหน้าปัดและย่านวัดแอมมิเตอร์กระแสตรง

แบบทดสอบหลังเรียน บทที่ 1 เรื่อง แอมมิเตอร์กระแสตรง

แบบทดสอบก่อนเรียน บทที่ 2 เรื่อง โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

- 2.1 โครงสร้างโวลต์มิเตอร์กระแสตรง
- 2.2 ค่าฉนวนและขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์กระแสตรง
- 2.3 การขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์แบบหลายย่านวัด
- 2.4 การอ่านสเกลหน้าปัดและย่านวัดโวลต์มิเตอร์กระแสตรง

แบบทดสอบหลังเรียน บทที่ 2 เรื่อง โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

แบบทดสอบก่อนเรียน บทที่ 3 เรื่อง โอห์มมิเตอร์

- 2.1 โครงสร้างโอห์มมิเตอร์
- 2.2 ค่าฉนวนและขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์
- 2.3 การขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์แบบหลายย่านวัด
- 2.4 การอ่านสเกลหน้าปัดและย่านวัดโอห์มมิเตอร์

แบบทดสอบหลังเรียน บทที่ 3 เรื่อง โอห์มมิเตอร์

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การขยายย่านวัดของมิเตอร์

บทที่ 1

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง แอมมิเตอร์กระแสตรง



**S
C
A
N
M
E**



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

• นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

• ทำการ Log-in เข้าสู่ระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

• นักศึกษาทำการกรอกรับข้อมูลส่วนตัวของตนเอง

4

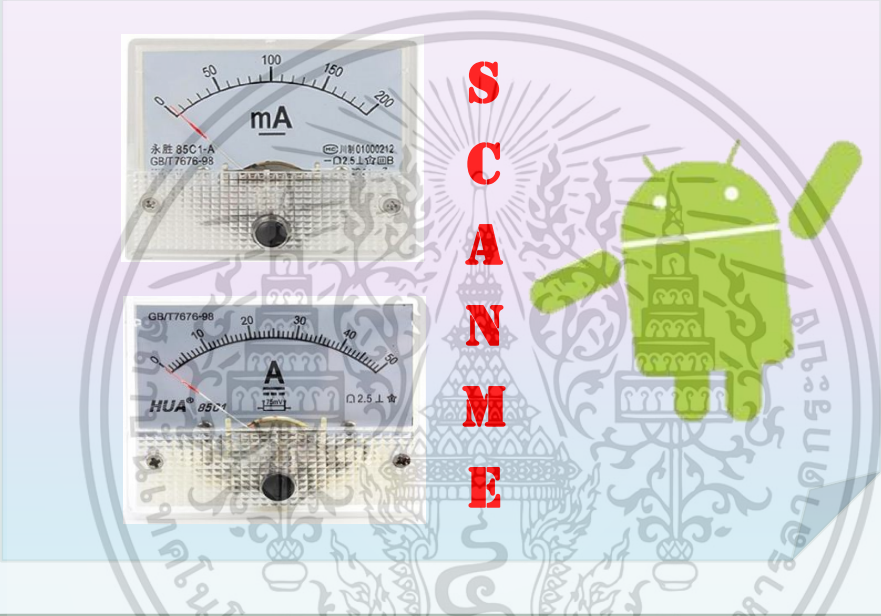
• นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

• เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

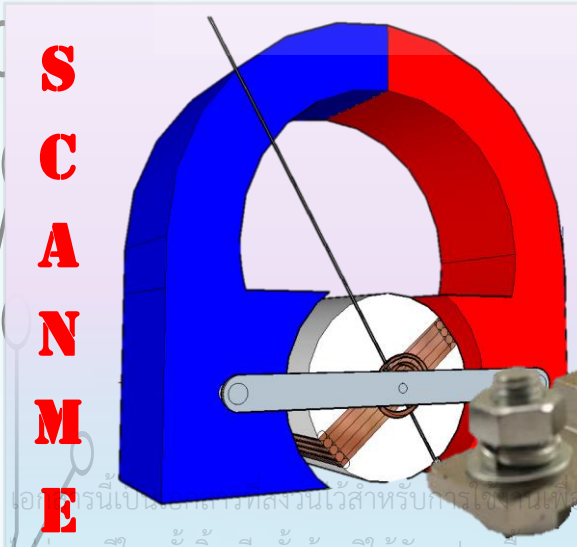
เรื่อง แอมมิเตอร์กระแสตรง

แอมมิเตอร์กระแสตรง (DC Ammeter) เป็นเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าได้หลายค่า คือ วัดกระแสไฟฟ้าเป็นไมโครแอมแปร์ เรียกว่า ไมโครแอมมิเตอร์ (Microammeter) ใช้วัดกระแสไฟฟ้าเป็นมิลลิแอมแปร์ เรียกว่า มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) และใช้วัดกระแสไฟฟ้าเป็นแอมแปร์ เรียกว่า แอมมิเตอร์ ตัวอย่างมิลลิแอมมิเตอร์และแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



SCANME

1.1 โครงสร้างของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



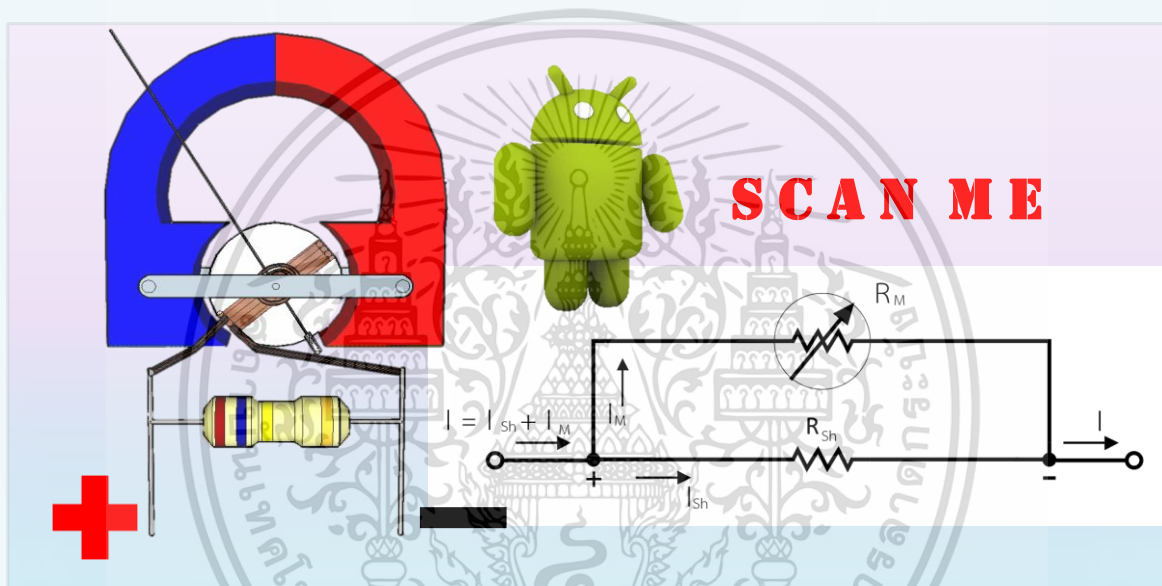
1. ขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Moving Coil : PMMC)
2. ตัวต้านทานชั้นดี (Shunt Resistor: R_{sh})

SCANME



1.2 การขยายย่านวัดของแอมมิเตอร์กระแสตรง

การขยายย่านวัดของแอมมิเตอร์ย่านวัดเดี่ยวแบบซิงเกิลชันต์ (Single Shunt Type of Ammeter) ใช้หลักการของการขนาน โดยนำตัวต้านทานชันต์ (Shunt Resistor: R_{sh}) มาต่อขนาน เพื่อแบ่งกระแสไฟฟ้าเข้าแอมมิเตอร์ไม่ให้เกินกระแสไฟฟ้าเต็มสเกล


 R_m

ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่

หน่วย โอห์ม Ω

 R_{sh}

ความต้านทานชันต์

หน่วย โอห์ม Ω

 I

กระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลผ่านเข้าวงจร

หน่วย แอมแปร์ A

 I_m

กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่

หน่วย แอมแปร์ A

 I_{sh}

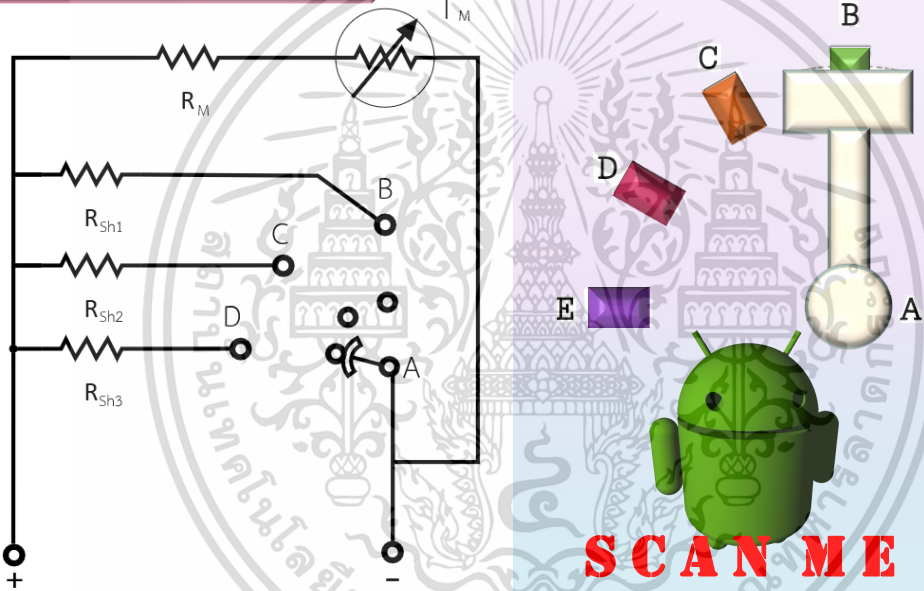
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานชันต์

หน่วย แอมแปร์ A

1.3 การขยายย่านวัดของแอมมิเตอร์กระแสตรง แบบหลายย่านวัด

สำหรับวิธีการขยายย่านวัดมี 2 แบบ คือ แบบชั้นที่แยกกัน (Individual Ammeter) และแบบอาร์ตอน (Aylton Shunt) ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า Universal Type

แบบใช้ชั้นที่แยกกัน

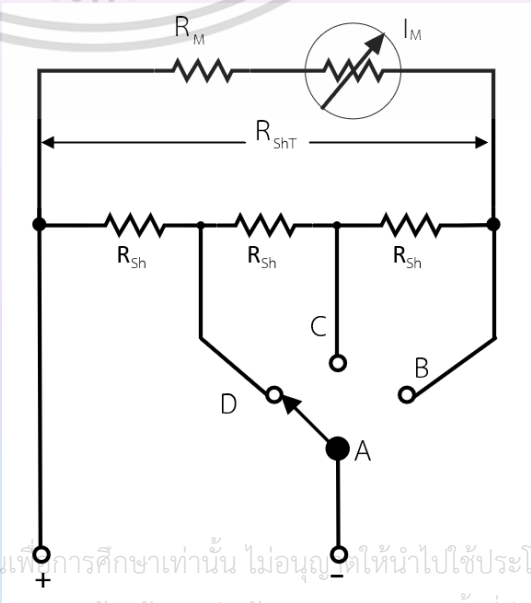


SCAN ME

แบบอาร์ตอนชั้นที่

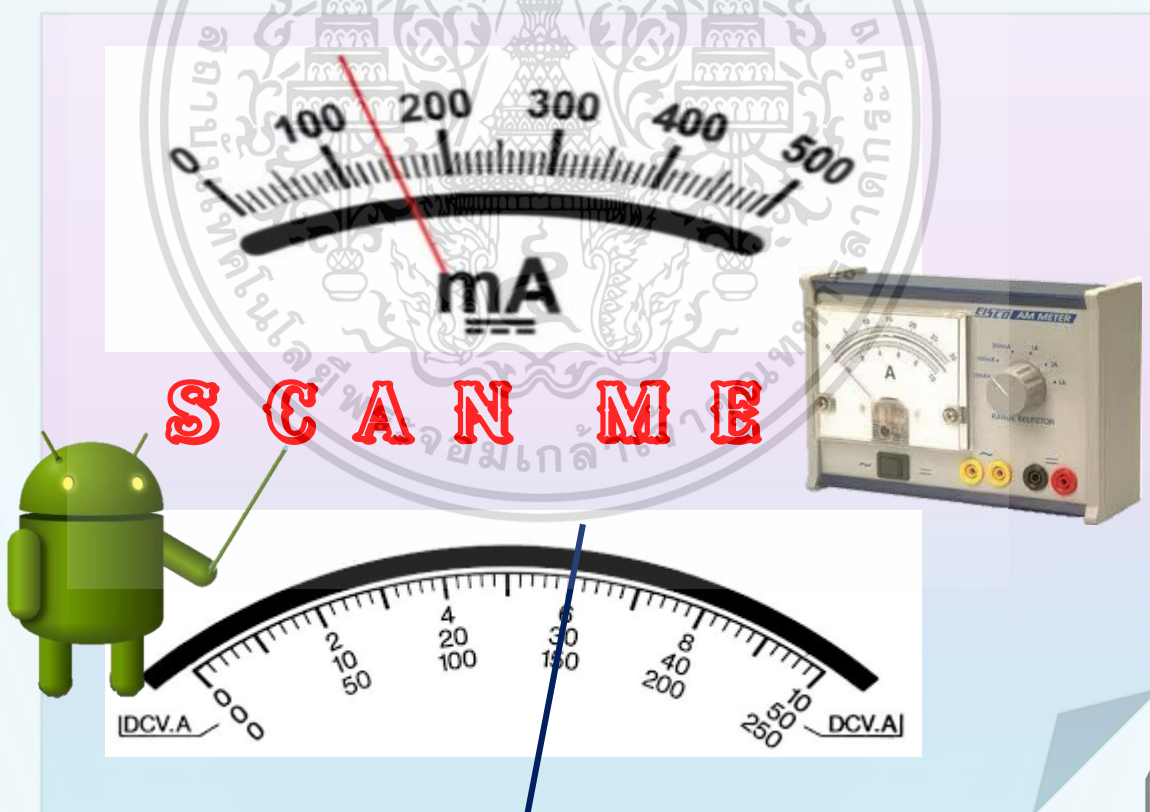


SCAN ME



1.4 การอ่านสเกลหน้าปัดและย่านวัด แอมมิเตอร์กระแสตรง

แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานมักจะมีย่านวัดค่ากระแสเต็มสเกลหลายย่าน และมีสเกลบอกค่ากระแสไฟฟ้าหลายสเกลทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน ดังนั้นการเปลี่ยนย่านวัดค่าควรเลือกใช้ให้เหมาะสม การอ่านสเกลก็ต้องอ่านให้ถูกต้องกับย่านวัดที่ตั้งวัดจึงจะได้ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าถูกต้อง



บทที่ 1

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง แอมมิเตอร์กระแสตรง



**S
C
A
N
M
E**



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

• นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

• ทำการ Log-in เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

• นักศึกษทำการกรอนข้อมูลส่วนตัวของตนเอง

4

• นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

• เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

บทที่ 2

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง โวลต์มิเตอร์กระแสตรง



**S
C
A
N
M
E**



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

• นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

• ทำการ Log-in เข้าสู่ระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

• นักศึกษาทำการกรอกรายละเอียดส่วนตัวของตนเอง

4

• นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

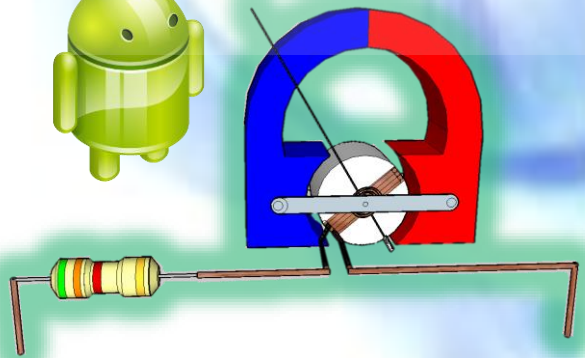
• เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

เรื่อง โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltmeter) เป็นเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าได้หลายค่า คือ ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าเป็นมิลลิโวลต์ เรียกว่า มิลลิโวลต์มิเตอร์ (Millivoltmeter) และใช้วัดแรงดันไฟฟ้าเป็นโวลต์ เรียกว่า โวลต์มิเตอร์



2.1 โครงสร้างของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

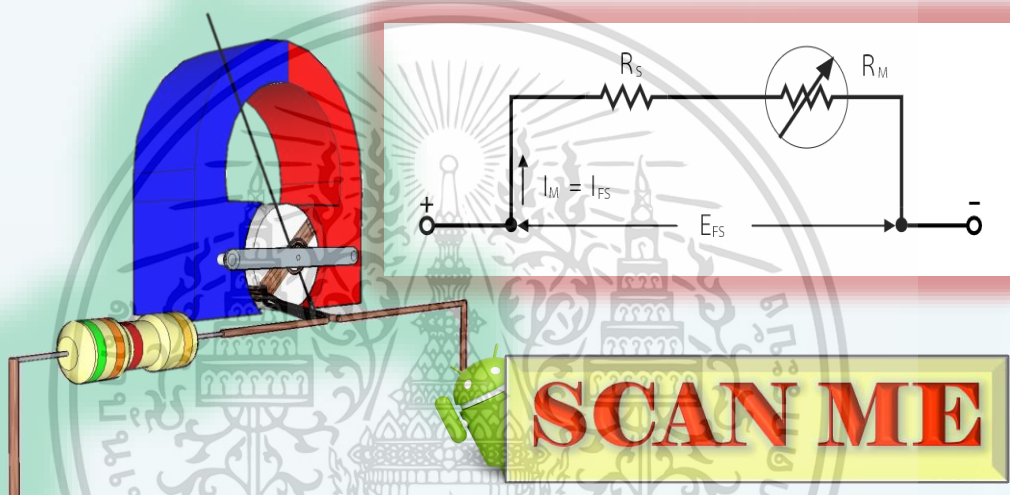


1. ขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Moving Coil : PMMC)
2. ตัวต้านทานอันดับหรือตัวต้านทานทวีคูณ (Series or Multiplies Resistor: R_s)

SCAN ME

2.2 จำนวนและขยายย่านวัด โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

การขยายย่านวัดของโวลต์มิเตอร์กระแสตรง โดยใช้คุณสมบัติการแบ่งแรงดัน โดยการนำตัวต้านทานค่ามากมาต่ออนุกรมกับขดลวดเคลื่อนที่ แรงดันจะตกคร่อมที่ตัวต้านทานอนุกรมมากกว่าตกคร่อมขดลวดเคลื่อนที่



SCAN ME

R_m

ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่

หน่วย โอห์ม Ω

R_s

ความต้านทานอันดับ

หน่วย โอห์ม Ω

$I_m = I_{FS}$

กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่

หน่วย แอมแปร์ A

E_{FS}

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเต็มสเกลใหม่ที่มีเตอร์วัดได้

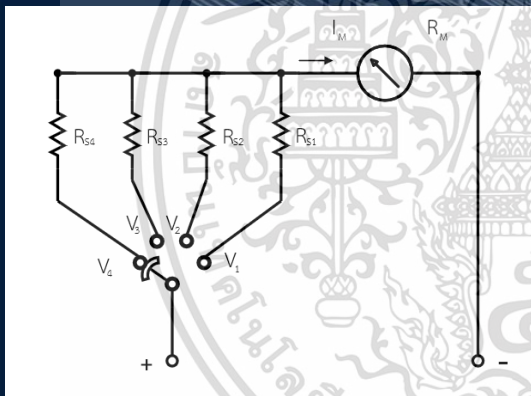
หน่วย แอมแปร์ V

2.3 การขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์กระแสตรง แบบหลายย่านวัด

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบหลายย่านวัด (Multirange DC voltmeter) คือ การต่อตัวต้านทานหลายๆ ตัว อนุกรมกับมิเตอร์ วิธีการต่อแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

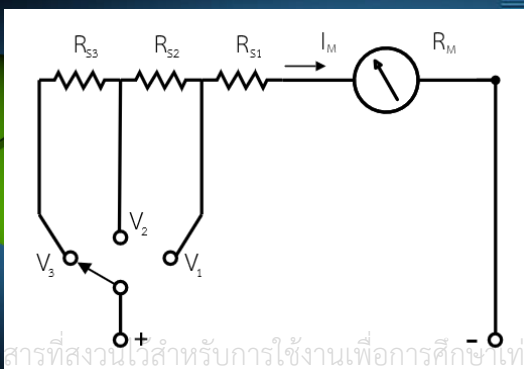
1. โวลต์มิเตอร์กระแสตรงแบบอินดิวิดูวอล (Individual Type DC Voltmeter)
2. โวลต์มิเตอร์กระแสตรงแบบยูนิเวอร์แซล (Universal Type DC Voltmeter)

1. โวลต์มิเตอร์กระแสตรงแบบอินดิวิดูวอล (Individual Type DC Voltmeter)



SCAN
ME

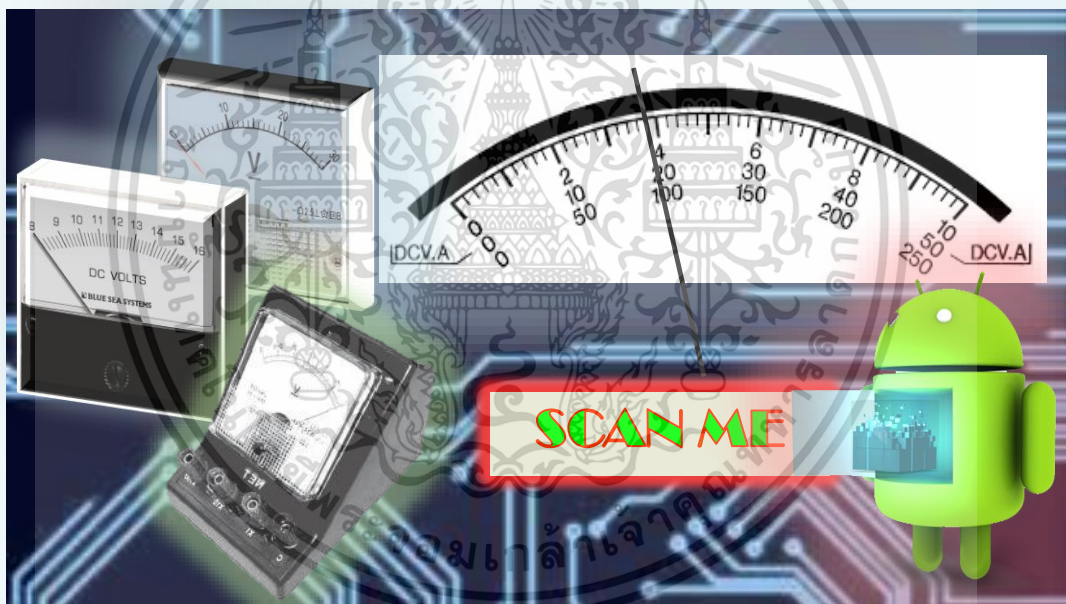
2. โวลต์มิเตอร์กระแสตรงแบบยูนิเวอร์แซล (Universal Type DC Voltmeter)



SCAN
ME

2.4 การอ่านสเกลหน้าปัดและย่านวัด โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

โวลต์มิเตอร์กระแสตรงที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานมักจะมีย่านวัดค่าแรงดันเต็มสเกลหลายย่าน และมีสเกลบอกค่าแรงดันไฟฟ้าหลายสเกลทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน ดังนั้นการเปลี่ยนย่านวัดค่าควรเลือกใช้ให้เหมาะสม การอ่านสเกลก็ต้องอ่านให้ถูกต้องกับย่านวัดที่ตั้งวัดจึงจะได้ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าถูกต้อง



บทที่ 2

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง โวลต์มิเตอร์กระแสตรง



**S
C
A
N
M
E**



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

• นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

• ทำการ Log-in เข้าสู่ระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

• นักศึกษาทำการกรอกรับข้อมูลส่วนตัวของตนเอง

4

• นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

• เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

บทที่ 3

แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง โอห์มมิเตอร์



**S
C
A
N
M
E**



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

• นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

• ทำการ Log-in เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

• นักศึกษาทำการกรอกรายละเอียดส่วนตัวของตนเอง

4

• นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

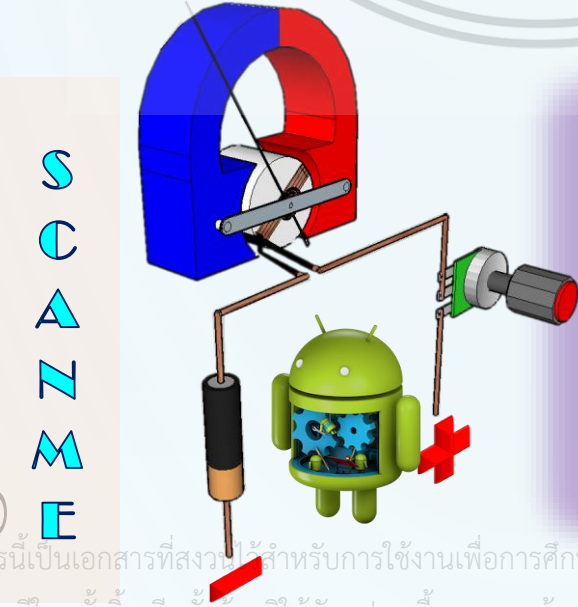
• เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

เรื่อง โห้หมีเตอร์

โห้หมีเตอร์ (Ohmmeter) เป็นมาตรวัดความต้านทาน โดยการประยุกต์ใช้ ดาร์ลตันวารมีเตอร์ต่อร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันและความต้านทาน โดยถ้าป้องกันแรงดันคงที่ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ จะมีค่าเป็นส่วนกลับของความต้านทานที่ต้องการทราบค่า สเกลของมิเตอร์ที่อ่านค่ากระแสดังกล่าว จะถูกปรับเทียบออกมาเป็นค่าความต้านทาน



3.1 โครงสร้างโห้หมีเตอร์

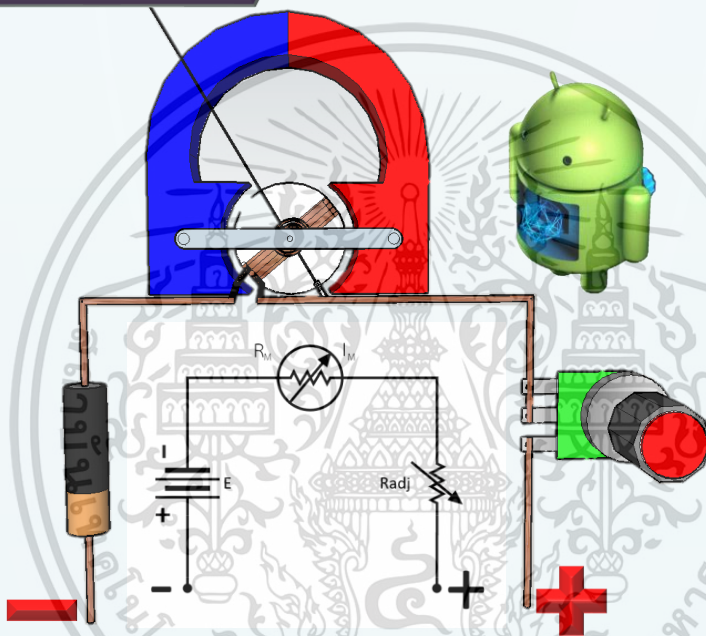


1. ขดลวดเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Moving Coil : PMMC)
2. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor: R_{adj})
3. แบตเตอรี่ (Battery: E)

3.2 การขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์

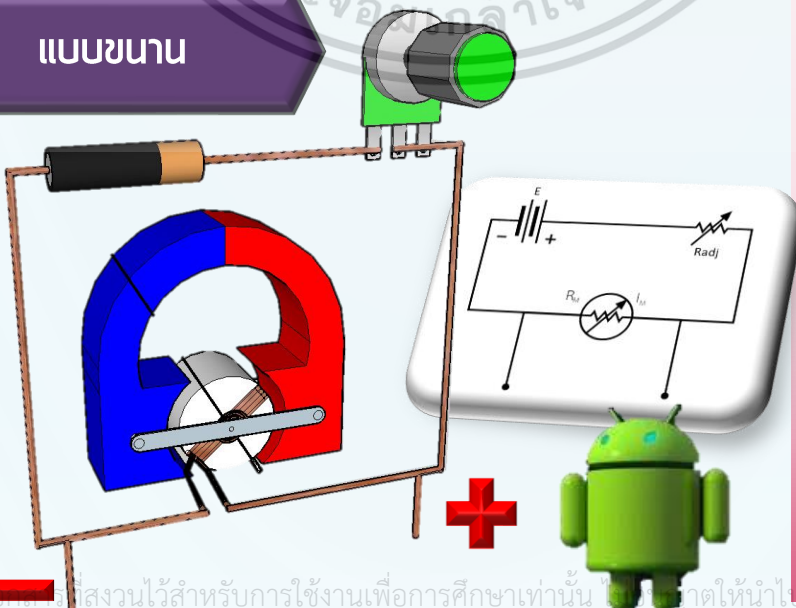
- การขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์ แบ่งได้ 3 ประเภท
ได้แก่
1. โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม
 2. โอห์มมิเตอร์แบบขนาน
 3. โอห์มมิเตอร์แบบผสม

แบบอนุกรม



SCAN
ME

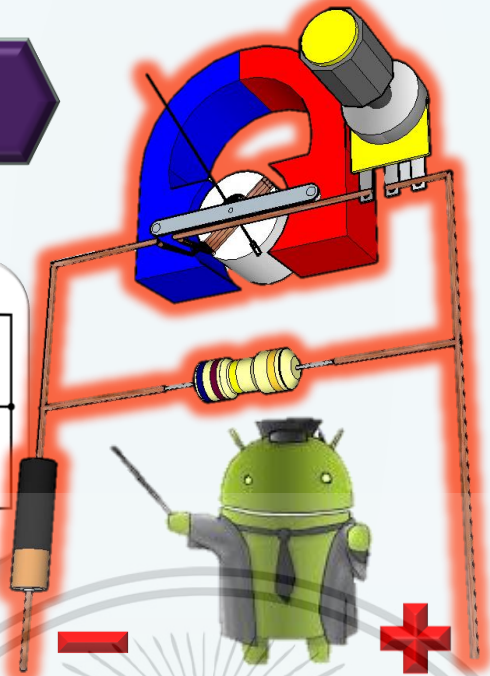
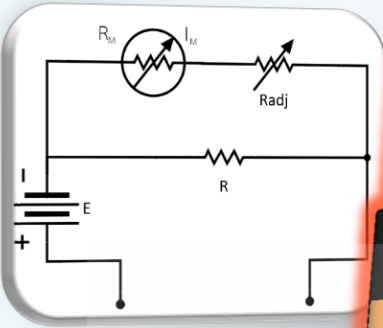
แบบขนาน



SCAN
ME

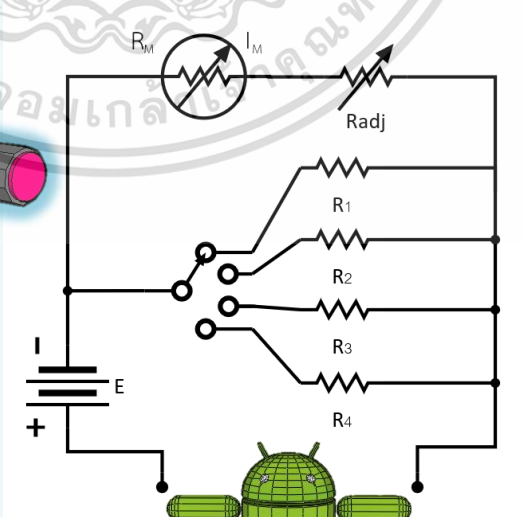
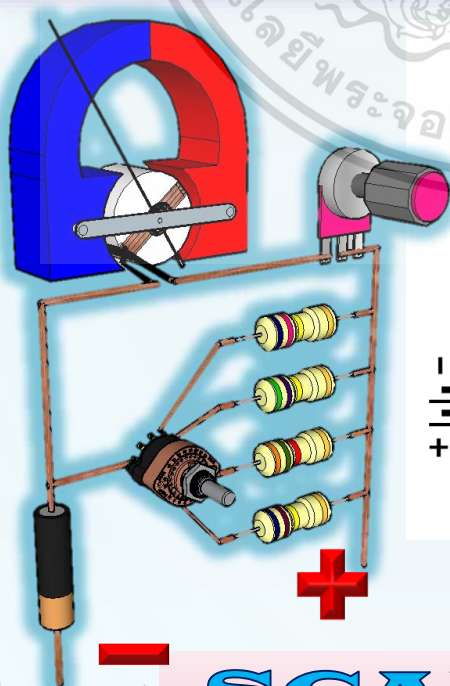
แบบผสม

SCAN ME



3.3 การขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์แบบหลายย่านวัด

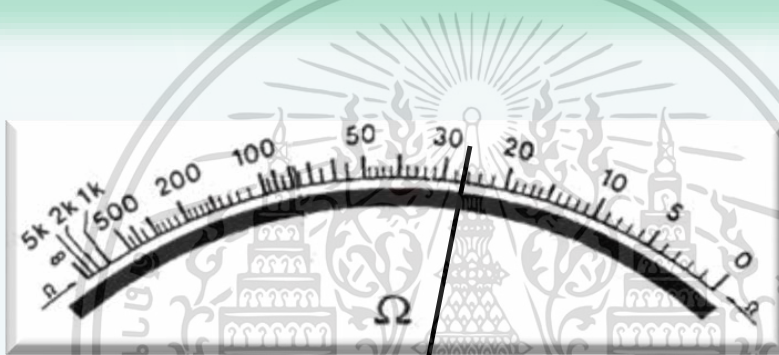
โอห์มมิเตอร์หลายย่านวัดจะต้องใช้สเกลการวัดค่าเพียงสเกลเดียว ดังนั้นการสร้างโอห์มมิเตอร์หลายย่านวัดจะต้องถือค่ากึ่งกลางสเกลเป็นส่วนสำคัญ เพื่อจะทำให้สามารถใช้สเกลร่วมกันได้



SCAN ME

3.4 การอ่านสเกลหน้าปัดและย่านวัด โอห์มมิเตอร์

ก่อนทำการวัดค่าความต้านทาน ผู้วัดต้องตั้งย่านวัดให้เหมาะสมกับค่าที่จะวัด หากไม่ทราบค่าให้ตั้งย่านวัดสูงก่อน เมื่อตั้งย่านวัดแล้วให้นำขั้ววัดทั้งสองข้างมาแตะกันเข็มชี้จะเคลื่อนที่มาจากด้านขวามือ แล้วทำการซีโรโอห์ม ให้เข็มชี้ชี้ที่ 0 พอดิ แล้วจึงนำไปวัด ถ้าเปลี่ยนย่านวัดจะต้องทำซีโรโอห์มก่อนทุกครั้ง การอ่านค่าจากโอห์มมิเตอร์ ทำได้โดยนำค่าที่อ่านได้มาคูณกับย่านวัด



S

C

A

N

M

E



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หรือว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง โอลิมปิก



**S
C
A
N
M
E**



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

• นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

• ทำการ Log-in เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

• นักศึกษาทำการกรอกข้อมูลส่วนตัวของตนเอง

4

• นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง โอลิมปิกไฟฟ้าระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

• เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การขยายย่านวัด

S
C M
A E
N



แนะนำ ขั้นตอนการทำแบบทดสอบ

1

- นักศึกษาใช้ App HP Reveal สแกน QR-Code

2

- ทำการ Log-in เข้าระบบด้วย Gmail ของตนเอง

3

- นักศึกษาทำการกรอกรายละเอียดส่วนตัวของตนเอง

4

- นักศึกษาทำแบบทดสอบเรื่อง แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 10 ข้อ

5

- เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเสร็จให้กดปุ่ม Submit (ส่งคำตอบ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายครนพ บุญกว้าง
วัน เดือน ปี เกิด	21 สิงหาคม 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 50/4 ถนนบ้านโนน ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตร วิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนช่างกลอุดรธานี ปีการศึกษา 2555 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

