# การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Cicuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ฐิฌาภรณ์ ไฝ่ทอง

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

# การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Cicuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ฐิฌาภรณ์ ไฝ่ทอง

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐาน
ร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Cicuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียน
สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ"
ของ ฐิฌาภรณ์ ไฝ่ทอง
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

---

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบสุข คงมนัส)
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

---

()
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

**ชื่อเรื่อง** การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Cicuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**ผู้วิจัย** ฐิฌาภรณ์ ไฝ่ทอง

**ประธานที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบสุข คงมนัส

**ประเภทสารนิพนธ์** การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

**คำสำคัญ** ห้องเรียนกลับด้าน, โครงงานเป็นฐาน, แอปพลิเคชัน Every Circuit, ทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) อาชีวศึกษาจังหวัดสุโขทัย กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 20 คน ได้มาโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่วิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบความรู้ แบบประเมินทักษะ และแบบประเมินชิ้นงาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ร้อยละ (%), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าที (t-test) แบบ dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในภาพรวม พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.85, SD = 0.12) 2) การเปรียบเทียบความรู้เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของผู้เรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ทักษะการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของผู้เรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ผลงาน การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.39 คิดเป็นร้อยละ 80 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

| | |
|---|---|
| Title | THE DEVELOPMENT OF FLIPPED CLASSROOM LEARNING USING PROJECT BASED LEARNING AND EVERY CIRCUIT APPLICATION TO DEVELOP ELECTRICAL CIRCUIT ANALYSIS SKILLS DEPARTMENT OF ELECTRONICS VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS |
| Author | Tichaporn Fhaitong |
| Advisor | Assistant Professor Dr. Kobsook Kongmanus |
| Academic Paper | M.Ed. Independent Study in Educational Technology and Communications (Plan B), Naresuan University, 2023 |
| Keywords | Flipped Classroom, Project Based Learning, Every Circuit Application, Electrical Circuit Analysis Skills |

## ABSTRACT

This research is Flipped Classroom Learning using Project Based Learning and EveryCircuit Application. The samples were 20 students from vocational certificate level Vocational Certificate Student Sample Students at the vocational certificate level Vocational Certificate Student, Sri Samrong Industrial and Community Education College who enrolled in the subject Direct Current Circuit, Semester 1, Academic Year 2022 and selected by purposive sampling. The research instruments were 1) Lesson plan of Flipped Classroom learning using Project Based Learning and EveryCircuit Application. 2) Achievement test of Flipped Classroom learning using Project Based Learning and EveryCircuit Application. 3) The Assessment of Electrical Circuit Analysis Skills and 4) The Assessment of Project Based Learning. Analyzed research data by using mean ($\bar{X}$), Standard Deviation (SD), Percentage (%) and test the hypothesis with t-test for dependent-samples. The result of the research was: 1) The quality assessment results of Flipped Classroom learning using Project Based Learning and EveryCircuit Application, from five experts was at a high ($\bar{X}$ = 4.85, SD = 0.12) 2) The comparison shows that learners' learning achievement after studying is significantly (.05) higher than before

studying. 3) The comparison of learners' Electrical Circuit Analysis Skills after studying higher than before study, which was significant at .05 4) The project was evaluated at the highest-level mean value 2.39, accounting for more than 80% of the total.

# ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบสุข คงมนัส ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนวคิดและหลักการทฤษฎี รวมถึงสำหรับคำแนะนำในการดำเนินการวิจัยตลอดจนแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์แก่การทำการค้นคว้าอิสระ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้สละเวลาพิจารณาการค้นคว้าอิสระและให้ขอเสนอแนะและตรวจสอบแก้ไขข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการค้นคว้าอิสระ

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครูและนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรงที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือ และขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกท่าน เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำ ติดต่อประสานงานตลอดการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณแม่ ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจในการทำการค้นคว้าอิสระและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมาตั้งแต่ขั้นต้น จนผู้วิจัยได้ประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บุพการีที่ได้อบรมสั่งสอนผู้วิจัยด้วยความรักและเอาใจใส่ทุกรายละเอียด ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาอบรมสั่งสอนจนกระทั่งปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเรียบร้อย

ฐิฌาภรณ์ ไฝทอง

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาของปัญหา ..... 1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา ..... 6

ขอบเขตของงานวิจัย ..... 6

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 7

สมมติฐานการวิจัย ..... 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 11

1. ห้องเรียนกลับด้าน ..... 11

1.1 ความหมายของห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ..... 11

1.2 บทบาทของครูและนักเรียน ..... 13

1.3 การใช้เวลาในชั้นเรียน ..... 14

1.4 สื่อการเรียนการสอน ..... 14

1.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ..... 15

1.6 ผลที่เกิดจากการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน ..... 16

2. การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ..... 17

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ..... 17
2.2 ประเภทของโครงงาน ..... 18
2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ..... 19
3. แอปพลิเคชัน EveryCircuit ..... 24
3.1 ความหมายของ EveryCircuit ..... 24
3.2 คุณสมบัติของ EveryCircuit ..... 26
3.3 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ใน EveryCircuit ..... 26
4. ทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ..... 27
4.1 หลักสูตรอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ..27
5. การวัดและการประเมินผล ..... 29
5.1 การวัดผล (Measurement) ..... 30
5.2 การประเมินผล (Evaluation) ..... 31
5.3 การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ..... 31
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 34
6.1 งานวิจัยภายในประเทศ ..... 34
6.2 งานวิจัยต่างประเทศ ..... 37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย ..... 35
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ..... 35
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 35
การสร้างเครื่องมือในการวิจัย ..... 36
การเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 51
การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 51
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 52

บทที่ 4 ผลการวิจัย ..... 55
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 55
1. ผลการพัฒนาแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ..... 55
2. ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ..... 57
3. ผลการเปรียบเทียบทักษะก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเมื่อสอน แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน .... 57
4. ผลการฝึกทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากชิ้นงานแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ..... 58
บทที่ 5 บทสรุป ..... 64
จุดมุ่งหมายของการวิจัย ..... 64
สรุปผลการวิจัย ..... 64
อภิปรายผล ..... 65
ข้อเสนอแนะ ..... 68
บรรณานุกรม ..... 69
ภาคผนวก ..... 72
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ..... 73
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 74
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 101
ภาคผนวก ง แผนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ..... 107

ภาคผนวก จ ภาพตัวอย่างหน้าจอแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit
โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ..... 138
ประวัติผู้วิจัย ..... 140

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตาราง 1 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่ใช้เรียน ..... 14

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดผลและการประเมินผล ..... 31

ตาราง 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ ..... 41

ตาราง 4 แผนการจัดการเรียนรู้แบบแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ..... 44

ตาราง 6 ผลการพัฒนาแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ..... 55

ตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ..... 57

ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบทักษะก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ..... 58

ตาราง 9 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit รายงานชิ้นงาน ..... 58

ตาราง 10 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ความสำคัญของการจัดทำชิ้นงาน ..... 59

ตาราง 11 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เนื้อหาโครงงาน ..... 60

ตาราง 12 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit กระบวนการทำงาน ..... 60

ตาราง 13 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit การนำเสนอ ..... 61

ตาราง 14 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน ผลงานจากการทำชิ้นงาน ..... 62

ตาราง 15 ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน ภาพรวมรายด้าน ..... 62

ตาราง 16 แสดงผลคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ..... 101

ตาราง 17 แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบวัดความรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 103

ตาราง 18 คะแนนแบบทดสอบความรู้เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ..... 104

ตาราง 19 แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ..... 105

ตาราง 20 คะแนนแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพก่อนเรียนและหลังเรียนเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ..... 105

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย ..... 1

ภาพ 2 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ..... 19

ภาพ 3 ภาพหน้าจอแสดงผลการทำงานของแอปพลิเคชัน EveryCircuit ..... 25

ภาพ 4 หลักการออกแบบกระบวนการเรียนรู้และพัฒนา ADDIE Model ..... 36

ภาพ 5 ออกแบบโครงสร้างห้องเรียนออนไลน์ ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใชโครงงานเป็นฐาน ..... 38

ภาพ 6 รูปแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ... 39

ภาพ 7 แสดงรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ..... 47

ภาพ 8 แสดงภาพตัวอย่างห้องเรียนออนไลน์ Google Site ..... 138

ภาพ 9 ภาพตัวอย่างการใช้แอปพลิเคชัน EveryCircuit ..... 139

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาของปัญหา

การจัดหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ต้องการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับฝีมือ คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาระดับคุณวุฒิการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านสมรรถนะแกนกลางและด้านสมรรถนะวิชาชีพ เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิถีการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตนสร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่นและประเทศชาติ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ(ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษาได้กำหนดให้การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ โดยต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา การประเมินตามสภาพจริงช่วยพัฒนาการเรียนรู้อย่างรอบด้านของผู้เรียน เนื่องจากการประเมินแบบเดิมที่นิยมใช้ คือ แบบทดสอบ ไม่สามารถวัดลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ ทำให้จุดประสงค์การสอนบางประการที่สำคัญไม่ประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะจุดประสงค์ด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย การประเมินตามสภาพจริงจึงเป็นทางเลือกใหม่ เป็นวิธีการที่จะทำให้ครูใกล้ชิดและรอบคอบในการประเมินผู้เรียนมากยิ่งขึ้น โดยพิจารณาที่การเรียนรู้และชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์เป็นสำคัญ วิธีการประเมินที่หลากหลายจะทำให้ผู้เรียนถูกสอนให้คิดและหาเหตุผลที่จะตอบคำถามให้ได้และขณะเดียวกันผู้สอนก็จะรับฟังและเข้าใจความคิดของผู้เรียนด้วย การวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะสิ่งใหญ่ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ตามหลักและกฎเกณฑ์ ส่วนย่อยแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ต้องใช้เหตุและผลตามความจริงในการตอบปัญหา โดยนำเอาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาเป็นองค์ประกอบช่วยในการพิจารณาด้วย ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์หลักการ (สำนักงานคณะกรรมการการ

อาชีวศึกษา, 2562) ผู้สำเร็จการอาชีวศึกษามีสมรรถนะไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้และความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและสถานประกอบการขาดทักษะความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ผู้สำเร็จการอาชีวศึกษาใหม่ยังไม่สามารถปฏิบัติงานได้ตรงลักษณะงาน ดังนั้นสถานประกอบการส่วนใหญ่ต้องนำไปฝึกอบรมก่อนเข้าปฏิบัติงานจริง ยิ่งไปกว่านั้นกำลังคนที่ผลิตออกมาขาดคุณลักษณะด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นอย่างเพียงพอ เช่น ทักษะด้านการสื่อสารทั้งภาษาไทย ภาษาต่างประเทศ (ฟัง พูด อ่าน เขียน) การใช้คอมพิวเตอร์ และความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงขาดคุณลักษณะที่สำคัญต่อการปฏิบัติงานจริงบางประการ เช่น การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ การแก้ปัญหาในงานการทำงานเป็นทีม ความรับผิดชอบในงาน ความซื่อสัตย์ ความอดทน ความขยัน มีวินัยตรงต่อเวลา ภาวะผู้นำ (กรรัตน์ พิพัฒน์ผล, 2557)

จากเหตุการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ถือว่าเป็นโรคระบาดใหญ่ทั่วโลก เป็นเวลาหลายปีที่ประชาคมทั่วโลกต้องเผชิญกับสถานการณ์นี้ ซึ่งการแพร่ระบาดนี้ได้ส่งผลกระทบต่อสังคมอย่างกว้างขวางทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ ระบบบริการสุขภาพ (ศิริพร ชาวสุรินทร์ et al., 2564) รวมไปถึงการจัดการศึกษาที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เพื่อให้การจัดการศึกษาและการประเมินผลตามหลักสูตรมีความเหมาะสมกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) และไม่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินผลการเรียน เพื่อการสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรของผู้เรียน สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จึงได้ประกาศให้สถานศึกษาได้ปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ การจัดเวลาเรียน การฝึกประสบการณ์สมรรถนะวิชาชีพ การฝึกอาชีพ การประเมินผลการเรียนรายวิชาและกิจกรรมเสริมหลักสูตร ให้เหมาะสมกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2562)

แนวทางในการจัดการเรียนรู้ชีวิตวิถีใหม่สามารถดำเนินการได้หลากหลายรูปแบบหรือซึ่งไม่ว่าสถานศึกษาจะเลือกใช้รูปแบบหรือวิธีการใดก็ตาม แต่ต้องเล็งเห็นความสำคัญในการจะพัฒนาผู้เรียนไปสู่การพัฒนาได้อย่างยั่งยืนไม่ใช่เป็นเพียงแค่การพัฒนาแบบผิวเผิน แต่ต้องเป็นการพัฒนาแบบลุ่มลึก ทั้งนี้การที่สถานศึกษาจะพัฒนาผู้เรียนเพื่อให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ได้นั้นจะต้องสามารถพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวมโดยสถานศึกษาควรตระหนักให้ความสำคัญในการวางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีคุณภาพนำไปสู่การพัฒนาได้อย่างยั่งยืน (กุลิสรา จิตรชญาวณิช et al., 2565) ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากเพิ่มขึ้น ทำให้การเรียนการสอนมีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องในรูปแบบของสื่อต่าง ๆ ทั้งวีดีทัศน์

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน รวมไปถึงแอปพลิเคชัน โดยการใช้สื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้เกิดการนำเอาแอปพลิเคชันมาเป็นตัวช่วยเสริมความรู้ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือแท็บเล็ต โดยเป็นอีกช่องทางที่ทำให้การเรียนรู้ไม่จำกัดอยู่แต่ภายในห้องเรียน อีกทั้งยังสะดวกสามารถทบทวนบทเรียนได้ทุกที่ตามต้องการ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่บุคคลเหล่านี้ (กรกนก คลังบุญคลอง, 2555) แอปพลิเคชัน EveryCircuit เป็นแอปพลิเคชันจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าแบบออนไลน์ที่มีรูปแบบการเสนอที่สวยงามดูดี สามารถวาดวงจรไฟฟ้าและสามารถทำงานบนมือถือได้ด้วย ทั้งแอนดรอยและ ios ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ง่ายมาก มีระบบการออกแบบที่ดีสามารถช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ (วิทฤทธิ์ โคตรมณี & ตรีบุณนิธิ, 2565)

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จึงกำหนดเป็นนโยบายหลักในการขับเคลื่อนสู่สถานศึกษา โดยการจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้น เพิ่มทักษะการคิดและการพึ่งพาตนเอง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ทักษะและประสบการณ์ของตนเอง แสดงออกถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การฝึกฝนทักษะการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และความเป็นประชาธิปไตย กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย การกำหนดประเด็นปัญหา การกำหนดวิธีหาคำตอบ และการสรุปองค์ความรู้จากโครงงาน การจัดการเรียนรู้ในระดับอาชีวศึกษา จำเป็นต้องเตรียมผู้เรียนเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 เพื่อให้เป็นผู้ปฏิบัติงานบนพื้นฐานความรู้ (Knowledge Worker) ที่สามารถคิดเป็นทำเป็น มีวิธีการหาความรู้ สร้างความรู้ด้วยตนเองตลอดชีวิต และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการทำงานได้ ดังนั้นครูจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน (Co-Learning Process) ศึกษาการแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกความคิดสร้างสรรค์ ประยุกต์ความรู้สร้างสรรค์ชิ้นงานโครงงาน เรียนรู้โดยการกระทำ (Learning by Doing) รวมทั้งอื่น ๆ เพื่อเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเข้าสู่ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้วิธีการสอนแบบโครงงาน ซึ่งเป็นเครื่องมือการเรียนรู้เพื่อสะท้อนผลสัมฤทธิ์ที่คาดหวังดังกล่าวข้างต้น จึงต้องดำเนินการ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมพร้อม 2) การกำหนดและเลือกหัวข้อ 3) การเขียนโครงของโครงงาน 4) การปฏิบัติงานโครงงาน 5) การนำเสนอผลงาน 6) การประเมินโครงงาน การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญวิธีหนึ่ง ที่จะช่วย

พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และทักษะผ่านกระบวนการศึกษาค้นคว้าและการใช้ความรู้ในชีวิตจริง ขับเคลื่อนผ่านกิจกรรมและการแก้ปัญหาที่ท้าทายร่วมกัน โดยมีผลงานที่แสดงถึงศักยภาพและความสำเร็จของผู้เรียน (หน่วยศึกษานิเทศน์, 2559)

(วสันต์ ศรีหิรัญ, 2560) การจัดการเรียนการสอนแบบกลับด้าน (Flipped Classroom) กับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบเดิม (Traditional Learning) กล่าวคือการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านนั้นจะมุ่งเน้นการสร้างสรรค์องค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองตามทักษะ ความรู้ ความสามารถและสติปัญญาของเอกัตบุคคล (Individualized Competency) ตามอัตราความสามารถทางการเรียนแต่ละคน (Self-Paced) จากมวลประสบการณ์ที่ครูจัดให้ผ่านสื่อเทคโนโลยี ICT หลากหลายประเภทในปัจจุบัน และเป็นลักษณะการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้นอกชั้นเรียน อย่างอิสระทั้งด้านความคิดและวิธีปฏิบัติ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบเดิมที่ครูจะเป็นผู้ป้อนความรู้ประสบการณ์ให้ผู้เรียนในลักษณะของครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher Center) ดังนั้นการสอนแบบกลับด้านจะเป็นการเปลี่ยนแปลงบทบาทของครูอย่างสิ้นเชิง กล่าวคือ ครูไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้แต่จะทำบทบาทเป็นติวเตอร์ (Tutors) หรือโค้ช (Coach) ที่จะเป็นผู้จุดประกายและสร้างความสนุกสนานในการเรียน รวมทั้งเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน (Facilitators) ในชั้นเรียนนั้น ๆ (สุรศักดิ์ ปาเฮ, 2556) ซึ่งผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ในการศึกษาข้อมูลจากแหล่งสารสนเทศ ผ่านสื่อเทคโนโลยี ICT เพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอดของเนื้อหาและทำความเข้าใจถึงความเรื่องราวหรือเนื้อเรื่องต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือความประสงค์สิ่งใด ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันอย่างไรบ้าง อีกทั้งเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถอธิบายการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนและมีเหตุมีผล สามารถนำเอาทักษะการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นนั้นไปประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต รูปแบบการจัดการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน เป็นรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเพราะตัวองค์ประกอบของรูปแบบที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สอดรับกับการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เน้นทักษะการคิดในขั้นสูงการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ซึ่งเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันที่ต้องการพัฒนาคนในสังคมไทย ให้มีคุณลักษณะพร้อมสำหรับการดำรงชีวิตและรับมือความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเนื่องด้วยโลกที่ไร้พรมแดน ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสื่อสาร รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นวิธีการใช้ห้องเรียนให้เกิดคุณค่าแก่เด็กโดยใช้การฝึกประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบ "รู้จริง (Mastery

Leaming)" และเป็นวิธีจัดการเรียนรู้เพื่อยกระดับและคุณค่าแห่งวิชาชีพครูที่ปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งให้เกิดขึ้นผ่านสื่อเทคโนโลยีที่หลากหลายมาใช้ (วิจารณ์ พานิช, 2556)

โครงสร้างหลักสูตรที่ดำเนินการเรียนการสอนแต่ละภาคเรียน โดยจัดอัตราส่วนการเรียนรู้ภาคทฤษฎีต่อภาคปฏิบัติในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ ประมาณ 20 : 80 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือกระบวนการจัดการเรียนรู้ร่วมกันในลักษณะของงาน โครงงาน และหรือชิ้นงานในแต่ละภาค (สิทธิพงศ์ อินทรายุทร & และคณะ, 2559) กล่าวว่า เนื่องจากวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าหรือวงจรไฟฟ้า เป็นวิชาบังคับและเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากการสังเกต การเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่ ผู้สอนให้ความรู้ตามเนื้อหาสาระด้วยการบรรยาย อธิบายแสดงสาธิต โดยที่ผู้เรียนเป็นผู้ฟังเพียงอย่างเดียวซึ่งอาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามปัญหาได้บ้างในตอนท้ายของการบรรยาย การเรียนการสอนขาดการเฉลยการบ้านหรือแบบฝึกหัด ทำให้ผู้เรียนไม่ทราบว่าการบ้านและแบบฝึกหัดที่ทำนั้นถูกต้องหรือมีข้อผิดพลาดที่จุดใด เนื้อหาวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า มีเนื้อหาที่เป็นทฤษฎีที่จำเป็นต้องทำการคำนวณเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งต้องใช้ศาสตร์ต้นวงจรไฟฟ้าและด้านคณิตศาสตร์ นด้านวงจรไฟฟ้า ต้องมีความรู้ความเข้าใจในพื้นฐานของวงจร หน่วยการกำหนดทิศทางของกระแส แรงดัน กฎพื้นฐานทางไฟฟ้ามาใช้ในการการวิเคราะห์ส่วนด้านคณิตศาสตร์ต้องมีความรู้ เช่น จำนวน เศษส่วน ทศนิยม ตัวคูณร่วมน้อย คุณสมบัติต่างๆ เช่น การสลับที่ การเปลี่ยนกลุ่ม การแจกแจง ส่วนด้านพีชคณิต เช่น สมการ การแก้สมการที่ต้องใช้คุณสมบัติ สมมาตร ถ่ายทอด การบวก การคูณ การหาร การแทนค่า การคูณไขว้ เป็นต้น เพื่อให้ได้มาซึ่งสมการและหาคำตอบของสมการ ซึ่งเนื้อหาวิชามีลักษณะที่ผสมผสานระหว่างคณิตศาสตร์และทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ซึ่งเห็นได้ว่าการแก้ปัญหาโจทย์มีหลายขั้นตอนในการเรียนการสอนในรูปแบบปกติ ผู้เรียนมีจำนวนมาก ผู้สอนเพียงคนเดียวไม่สามารถตรวจสอบและตรวจปรับผู้เรียนได้ทุกคนทุกขั้นตอนได้ทั่วถึงทั้งชั้น (สิทธิพงศ์ อินทรายุทร & และคณะ, 2559)ด้านพฤติกรรมการทำการบ้านของนักศึกษา ซึ่งจากความคิดเห็นของนักศึกษาไม่ค่อยมีเวลาทบทวนบทเรียน เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ยากมีพื้นฐานไม่แน่น สิ่งที่สำคัญไม่กล้าถามอาจารย์เมื่อไม่เข้าใจ (นำโชค วัฒนานัย et al., 2553)

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญที่จะนำเอาวิธีการสอนรูปแบบใหม่มาปรับให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบันที่จะฝึกให้ผู้เรียนอาชีวศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่จะสรรค์สิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมใหม่ มาเพื่อเผยแพร่ให้กับคนรุ่นใหม่ ทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนให้มี

การนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้ก้าวทันตามยุคสมัยที่เป็นอยู่ปัจจุบัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**จุดมุ่งหมายของการศึกษา**

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2. เพื่อเปรียบเทียบความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit
4. เพื่อศึกษาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ขอบเขตของงานวิจัย**

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีขอบเขตการศึกษา ดังนี้

1. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) อาชีวศึกษาจังหวัดสุโขทัย

กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง ที่ลงเรียนทะเบียนเรียนวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 กลุ่มเป้าหมายในการเลือกที่ได้โดยใช้วิธีแบบเจาะจง จำนวน 20 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

2.2.2 ทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหา โดยคุณสมบัติของเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuitโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 หน่วย ได้แก่

หน่วยที่ 1 วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า

หน่วยที่ 2 การต่อตัวต้านทาน

หน่วยที่ 3 กฎของโอห์ม

หน่วยที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

หน่วยที่ 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

หน่วยที่ 6 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. **ห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐาน หมายถึง** เป็นการบูรณาการหลักการและทฤษฎีทางด้านการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Base Learning) มาสร้างเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่สามารถใช้ได้กับผู้เรียนเพื่อสนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้อย่างไร้ขีดจำกัดเรื่องระยะทาง เวลาและสถานที่ด้วยตัวของผู้เรียนเองตามสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้วยตนเอง โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อเป็นการทดลองฝึกปฏิบัติผ่านการจำลองผ่านโทรศัพท์มือถือ ห้องเรียนออนไลน์ Google Site โดยครูผู้สอนจะทำการรวบรวมเนื้อหาที่ใช้ในการประกอบการสอน อาทิเช่น แบบฝึกหัดก่อนเรียน เพื่อให้นักเรียนได้มีการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองก่อน จากนั้นจึงมาทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนและผู้สอนในห้องเรียน เป็นการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้น เพิ่มทักษะการคิดและ

การพึ่งพาตนเอง ซึ่งวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ทักษะและประสบการณ์ของตนเอง แสดงออกถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน โดยมีองค์ประกอบแรกคือ การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด การสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย การสาธิตและการประยุกต์ใช้ ร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ การกำหนดหัวข้อ การวางแผนโครงงาน การดำเนินงาน การเขียนรายงาน การนำเสนอและประเมินผลงาน

2. **แอปพลิเคชัน** EVERYCIRCUIT หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการฝึกทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ที่สามารถจำลองวงจรเพื่อเป็นการทบทวนความรู้ได้ตลอดเวลา สามารถใช้จัดการเรียนการสอนในรูปแบบการเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน เพื่อศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม ในการฝึกปฏิบัติแบบจำลอง เพื่อเป็นการทดสอบการการลงมือปฏิบัติจริง

3. **ความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หมายถึง** ผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความรู้การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่ได้จากการวัดด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

4. **ทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หมายถึง** ความสามารถที่ผู้เรียนวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากการฝึกปฏิบัติต่อวงจรในแอปพลิเคชัน EveryCircuit และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ออกมาเป็นชิ้นงานการประกอบวงจรไฟฟ้า จากการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบออนไลน์ โดยแบ่งออกเป็น การวัดทักษะจากข้อสอบแบบอัตนัย 5 ข้อ และการวัดทักษะจากการประกอบวงจรไฟฟ้าที่ผ่านการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ใช้แบบประเมินชิ้นงานแบบรูบิคสกอร์

5. **นักเรียนสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตร** ที่ทำการศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ในปีการศึกษา 2565 วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง อาชีวศึกษาจังหวัดสุโขทัย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

**สมมติฐานการวิจัย**

1. ผลการประเมินคุณภาพแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit มีผลการประเมินความเหมาะสม

2. ความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังเรียนเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน

3. ทักษะในการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของนักศึกษาหลังเรียนเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน

4. วัดทักษะชิ้นงานการสร้างวงจรไฟฟ้าที่ได้คะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80

**ภาพ 1** แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ห้องเรียนกลับด้าน
2. โครงงานเป็นฐาน
3. EveryCircuit
4. ทักษะการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า
5. การวัดและประเมินผล
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 1. ห้องเรียนกลับด้าน

### 1.1 **ความหมายของห้องเรียนกลับด้าน** (Flipped Classroom)

ห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกพูดถึงมากในปัจจุบัน เพราะ Flipped Classroom เป็นวิธีการสอนหนึ่งได้รับการอธิบายว่า เป็นวิธีที่ทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21" Century Skills) ในขณะที่วงการการศึกษาไทยมีการตื่นตัวเป็นอย่างมากในการสอนโดยใช้ Flipped Classroom ว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีการเรียนการสอนที่ทันสมัยและการให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ผ่านกิจกรรม

Flipped Classroom เป็นวิธีการสอนที่ใช้มานานหลายปีแล้ว เช่น ในหนังสือ Effective Grading (1998) Barbara Walvoord & Virginia Johnson Anderson (Barbara E. Walvoord & Anderson, 1998) ได้นำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนที่นักเรียนได้รับเนื้อหาก่อนที่จะมีการเรียนในชั้นเรียน วิธีการที่คล้ายกันที่เรียกว่า Inverted classroom เพื่อให้นักเรียนได้เรียนกับสื่อการเรียนต่างๆ เช่น การเรียนนอกห้อง การอ่านหนังสือ วิดีโอ และ PowerPoint ที่มีเสียงก่อนการเข้าชั้นเรียน เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนได้เตรียมความพร้อมโดยการดูสื่อต่างๆ เมื่อเข้าห้องเรียนกิจกรรมในเวลาเรียน นักเรียนจะ อภิปรายกลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ๆ เกี่ยวกับปัญหาต่างๆ ทั้งนักเรียนและครูผู้สอนที่จะตอบสนองต่อวิธีการนี้อย่างดีและสังเกตว่านักเรียนมีแรงจูงใจมากขึ้นกว่า

การสอนในรูปแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับ สุรศักดิ์ ปาเฮ ได้กล่าวไว้ว่า "ห้องเรียนกลับด้าน" จึงกลายเป็นนวัตกรรมและมุมมองหนึ่งของตัวอย่างจากประสบกรณ์จริงที่เกิดขึ้นในวงการศึกษา เป็นวิธีการใช้ห้องเรียนให้เกิดคุณค่าแก่เด็กโดยใช้ฝึกประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบ “รู้จริง (Mastery Learning)” และเป็นวิธีจัดการเรียนรู้เพื่อยกระดับและคุณค่าแห่งวิชาชีพครูที่ปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งให้เกิดขึ้นผ่านสื่อเทคโนโลยีที่นำมาใช้

Flipped Learning Network (2014) กล่าวว่า เป็นวิธีกลับด้านการสอนโดยการเปลี่ยนพื้นที่การเรียนการสอนจากการเรียนกลุ่มเป็นการเรียนรู้ส่วนบุคคล และมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมนักเรียนสามารถโต้ตอบได้ทุกที่ ผู้สอนสามารถชี้แนะนักเรียนตามแนวคิดของนักเรียนและมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์ โดยยึดหลัก 4 ประการดังนี้

F (Flexible Environment) เป็นการเรียนแบบกลับด้านที่ผสมการเรียนรู้แบบหลากหลาย การศึกษามักจะจัดพื้นที่ในการเรียนรู้เพื่อรองรับบทเรียนที่สนับสนุน การทำงานกลุ่มหรือการศึกษาอิสระ เพื่อเป็นช่องว่างที่ยืดหยุ่นให้นักเรียนเลือกสถานที่และเวลาได้การจัดการศึกษาแบบห้องเรียนกลับด้านต้องมีความยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับระยะเวลาของนักเรียนและการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

L (Learning Culture) การเรียนในรูปแบบเดิมมีครูเป็นศูนย์กลางเป็นแหล่งข้อมูลหลักในการเรียนรู้ แต่ในการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านต้องเปลี่ยนการสอนโดยเน้นที่ผู้เรียนเป็นหลัก เวลาในชั้นเรียนมีไว้สำหรับในสร้างหัวข้องาน การสร้างงานเชิงลึก การสร้างโอกาสการเรียนรู้ที่หลากหลาย เป็นผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ มีส่วนร่วมและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง

I (Intentional Content) นักการศึกษาคิดวิธีการ การใช้รูปแบบการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิด ความเข้าใจ นักการศึกษากำหนดในสิ่งที่ต้องสอน สื่อการเรียนรู้ที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจ ต้องวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อมุ่งเน้นที่จะเพิ่มเวลาในห้องเรียนให้สูงที่สุด เพื่อนำวิธีการเรียนรู้ที่ว่านักเรียนเป็นศูนย์กลางมาใช้

P (Professional Educator) นักการศึกษามีบทบาทที่สำคัญมากยิ่งขึ้นในการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน เนื่องการเรียนในห้องเรียนแบบดั้งเดิมในระหว่างเรียนครูยังสามารถสังเกตนักเรียนได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในการจัดการเรียนห้องเรียนกลับด้านครูต้องมีการไตร่ตรองอย่างรอบคอบเพื่อนำมาปรับปรุงการสอนเชื่อมโยงกับนักเรียนให้เข้าใจเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนวุ่นวายในชั้นเรียน

1.2 **บทบาทของครูและนักเรียน**

วิจารณ์ พานิช (2556) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกลับด้าน (Flipped Classroom) ดังนี้

1.2.1 บทบาทของครู

1) การจัดการห้องเรียน จัดสภาพบรรยากาศ ในห้องเรียนให้เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ ใช้สื่อเทคโนโลยี รวมถึงอุปกรณ์ต่างเพื่อส่งเสริมเท่านั้น โดยรูปแบบการเรียนรู้นำเทคโนโลยีไม่ใช่เทคโนโลยีเป็นตัวนำ

2) ครูมีการทำงานที่กลับทางคือ แทนที่สอนวิชาหน้าชั้นเรียน เปลี่ยนการสอนมาสอนหน้ากล้องวิดิทัศน์แทน เตรียมหรือจัดหาสื่อวีดีทัศน์ โดยสร้างเองหรือจัดหามาเพื่อสาระความรู้แก่นักเรียน

3) เวลาที่โรงเรียน ครูทำหน้าที่เป็นครูฝึก (Coach) ให้นักเรียนฝึกแปลงวิชาหรือประยุกต์ใช้วิชา ซึ่งนักเรียนต้องสร้างความรู้ความเข้าใจของตนเองขึ้นมา ก่อนจะประยุกต์ใช้ความรู้ในกิจกรรมหรือโจทย์แบบฝึกหัดเป็นการฝึกฝนการเรียนรู้ที่แท้จริงได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

1.2.2 บทบาทของนักเรียน

1) นักเรียนมีความรับผิดชอบในวิธีการเรียนที่กลับทางคือ ใช้เวลาเรียนเนื้อหาที่บ้าน มีอัตราเร็วที่เหมาะสมกับตนเองโดยผ่านการดูวิดีโอ นักเรียนต้องรู้จักหยุดวิดีโอ หรือดูบางตอนซ้ำ จดบันทึกประเด็นที่สำคัญ และสิ่งที่สงสัยไม่เข้าใจมาซักถามครูในเช้าวันรุ่งขึ้น

2) นักเรียนร่วมทำกิจกรรมการเรียนที่โรงเรียน จะเป็นการทำการทดลอง กิจกรรมค้นคว้า โครงงานหรือกิจกรรมแก้ปัญหา หรือการทดสอบ โดยนักเรียนต้องให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม หากเกิดข้อสงสัยสามารถถามและพูดคุยกับหรือเพื่อนร่วมชั้นได้ทันทีกันอย่างเป็นธรรมชาติ เป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม

จึงสรุปได้ว่า ครูผู้สอนจะมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนตามความสนใจหรือความถนัดของตนเองว่ามีความชอบในการเรียนรูปแบบใด เพื่อให้อิสระต่อการเรียนรู้ ทั้งยังเปิดโอกาสทางความคิดของผู้เรียนมากเพิ่มขึ้นในการให้ผู้เรียนมีพื้นที่ทางความคิดมากเพิ่มขึ้นเปิดประสบการณ์การลองผิด ลองถูกผ่านการฝึกปฏิบัติ จะทำให้การเรียนรู้เกิดความประสบผลสำเร็จ

### 1.3 การใช้เวลาในชั้นเรียน

Jonathan Bergmann and Aron Sams (2012) ได้กล่าวถึง การใช้เวลาในชั้นเรียน ดังนี้ ในชั้นเรียนที่มีการเรียนการสอนรูปแบบนั้นเดิม ครูมักใช้เวลาในการบรรยาย ทำให้เหลือเวลาเพียงเล็กน้อยสำหรับการตอบข้อสงสัยต่าง ๆ หรือให้นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ เกิดความกระจ่างในสิ่งที่ยังไม่เข้าใจ โดยครูเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ แต่ภายใต้วิธีการกลับด้านชั้นเรียนสัดส่วนการใช้เวลาในชั้นเรียนจะเปลี่ยนไป นักเรียนมีเวลามากขึ้นสำหรับทำกิจกรรมที่ช่วยเพิ่มพูนความรู้ให้กว้างขวางและลุ่มลึกขึ้น หรือใช้ในการฝึกทักษะการแก้ปัญหาต่าง ๆ (รุ่งนภา นุตราวงศ์, 2557)

**ตาราง 1 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่ใช้เรียน**

| **การเรียนการสอนแบบเดิม** | | **การกลับด้านการเรียน** | |
|---|---|---|---|
| **กิจกรรม** | **เวลา** | **กิจกรรม** | **เวลา** |
| ขั้นนำ (Warm-up) | 5 นาที | ขั้นนำ (Warm-up) | 5 นาที |
| ตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับการบ้านที่นักเรียนได้รับมอบหมาย | 20 นาที | ถาม-ตอบ เกี่ยวกับวิดิโอที่ดู | 10 นาที |
| บรรยายเนื้อหาใหม่ | 30-45 นาที | นักเรียนทำงาน/กิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ | 75 นาที |
| นักเรียนทำงาน/ทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ | 20-35 นาที | | |

สามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดั้งเดิมนั้นครูผู้สอนจะมีหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางในการเรียนรู้ที่คอยให้ความรู้นักเรียน ผ่านการบรรยายจึงทำให้เกิดการลงมือปฏิบัติผ่านการเรียนรู้จริงมีช่วงเวลาที่น้อย ในส่วนของการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านนั้นจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองก่อนจะมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

### 1.4 สื่อการเรียนการสอน

Jonathan Bergmann and Aron Sams (2012) ได้กล่าวถึง สื่อการเรียนการสอนสำคัญที่ใช้ในการกลับด้านชั้นเรียน มีการจัดเตรียมสื่อที่หลาก หลาย ได้แก่ วีดีโอ หนังสือ ใบงานอุปกรณ์ทดลอง จัดเตรียมวิดีโอไว้ในหลายลักษณะ ได้แก่ ไว้ในเว็บไซต์ ไว้ใน Sever ของโรงเรียน thumb drive, ipod โทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์พกพาอื่นๆ สามารถนำแผ่นไปเล่นด้วยเครื่องเล่น DVD ดูทางจอโทรทัศน์.

การตรวจสอบการดูวิดีโอของนักเรียน ได้แก่ จดบันทึก อาจทำได้ในหลายลักษณะ คือ จดบนกระดาษ หรือโพสต์ความคิดเห็นลงในบล็อก หรือส่งอีเมล์ถึงครูตั้งคำถามเป็นคำถามหรือข้อสงสัยจากการดูวิดีโอที่นักเรียนไม่ทราบคำตอบ เพื่อมาถามครูในชั้นเรียน เวลาในห้องเรียนเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการเรียนแบบนี้ ครูจะต้องประเมินคุณค่าของเวลาช่วงนี้ และออกแบบแล้วปรับปรุง เพื่อให้เป็นเวลาที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้สูงสุดของเด็กคือเกิดการเรียนรู้ในมิติที่ลึกและเชื่อมโยง

**1.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้**

Jonathan Bergmann and Aron Sams ได้กล่าวถึง กรวัดและประเมินผลการเรียนรู้ภายใต้การกลับด้านชั้นเรียนมีทั้งการประเมินเพื่อการพัฒนา (Formative Assessment) ซึ่งเป็นฐานสำคัญในการพัฒนาและสร้างความรู้ความเข้าใจโดยนักเรียนเข้าใจแก่นความรู้หลัก ในขณะที่นักเรียนอยู่ในกระบวนการเรียนรู้เพื่อวางแผนต่อไป และการประเมินผลรวบยอต (Summative Assessment) เพื่อตัดสินผลว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่เป็นเป้าหมายหรือไม่ การวัดและประเมินผลมีความยืดหยุ่นหลากหลายทั้งรูปแบบ วิธีการและระยะเวลาเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนเอง

1) วัดและประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การทดสอบ การปฏิบัติทดลองชิ้นงาน การเขียน การพูด เพื่อประเมินนักเรียนได้ตรงตามจุด ประสงค์ที่กำหนด

2) มีการจัดทำข้อสอบหลายชุดแต่มีวัตถุประสงค์เดียวกัน วัดและประเมินผลซ้ำนักเรียนบางคนอาจจะไม่ผ่านเกณฑ์หรือที่ยังไม่บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ หรือแม้บางคนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินแต่ยังไม่พอใจในผลคะแนนของตนเองก็สามารถเข้ารับการประเมินซ้ำได้ เพื่อเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงพัฒนาตนเองให้ยิ่งขึ้น

3) ใช้เทคโนโลยีช่วยในการวัดและประเมินผล ด้วยเหตุที่การวัดและประเมินผลอาจต้องดำเนินการหลายครั้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน และแบบทดสอบหลายชุด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเลือกข้อสอบและตรวจให้คะแนนจะช่วยลดภาระงานของครูเป็นอย่างมาก และทราบผลได้อย่างรวดเร็ว

4) ใช้ผลการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ หลังการประเมินแต่ละครั้งนักเรียนสนทนาซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนทั้งเข้าใจและยังไม่เข้าใจ ครูก็จะพิจารณาว่ามีสิ่งใดที่เขาต้องได้รับการพัฒนาให้ตรงกับผู้เรียนแต่ละคน

**1.6 ผลที่เกิดจากการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน**

มีเหตุผลบางประการที่บอกถึงคุณประโยชน์ของการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ที่ Jonathan Bergmann and Aaron Sams กล่าวไว้ในหนังสือของเขาที่ชื่อ Flip Your Classroom : Reach Every Student in Every Class Every Day สรุปได้ดังนี้

1) เพื่อเปลี่ยนวิธีการสอนของครู จากการบรรยายหน้าชั้นเรียนหรือจากครูสอนไปเป็นครูฝึก ฝึกการทำแบบฝึกหัดหรือทำกิจกรรมอื่นในชั้นเรียนให้แก่ศิษย์เป็นรายบุคคลหรืออาจเรียกว่าเป็นครูติวเตอร์

2) เพื่อใช้เทคโนโลยีการเรียนที่เด็กสมัยใหม่ชอบ โดยใช้สื่อ ICT ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นการนำโลกของโรงเรียนเข้าสู่โลกของนักเรียนซึ่งเป็นโลกยุคดิจิทัล

3) ช่วยเหลือเด็กที่มีงานยุ่งเด็กสมัยนี้มีกิจกรรมมาก ดังนั้นจึงต้องเข้าไปช่วยเหลือในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทสอนที่สอนด้วยวิดิทัศน์อยู่บนอินเทอร์เน็ต (Internet) ช่วยให้เด็กเรียนไว้ล่วงหน้าหรือเรียนตามชั้นเรียนได้ง่ายขึ้น รวมทั้งเป็นการฝึกเด็กให้รู้จัดการจัดเวลาของตนเอง

4) ช่วยเหลือเด็กเรียนอ่อนให้ขวนขวายหาความรู้ ในชั้นเรียนปกติเด็กเหล่านี้จะถูกทอดทิ้งแต่ในห้องเรียนกลับด้านเด็กจะได้รับการเอาใจใส่จากครูมากที่สุดโดยอัตโนมัติ

5) ช่วยเหลือเด็กที่มีความสามารถแตกต่างกันให้ก้าวหน้าในการเรียนตามความสามารถของตนเองเพราะเด็กสามรถฟัง-ดูวิดิทัศน์ได้เองจะหยุดตรงไหนก็ได้ กรอกลับ (Review) ก็ได้ตามที่ตนเองพึงพอใจที่จะเรียนเบื่อก็หยุดพักได้ สามารถแบ่งเวลาในการดูเป็นช่วงได้

6) ช่วยให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับครูเพิ่มขึ้น ห้องเรียนกลับด้านเป็นการประสานการใช้ประโยชน์ระหว่างการเรียนแบบออนไลน์ และการเรียนระบบพบหน้า ช่วยเปลี่ยนและเพิ่มบทบาทของครูให้เป็นทั้งพี่เลี้ยง (Mentor) เพื่อน เพื่อนบ้าน (Neighbor) และผู้เชี่ยวชาญ (Expert)

7) ช่วยให้ครูรู้จักนักเรียนดีขึ้น หน้าที่ของครูไม่ใช่เพียงช่วยให้ศิษย์ได้ความรู้หรือเนื้อหา แต่ต้องกระตุ้นให้เกิดแรงบันดาลใจ (Inspire) ให้กำลังใจ รับฟังและช่วยเหลือ ส่งเสริมผู้เรียนซึ่งเป็นมิติสำคัญที่จะช่วยเสริมพัฒนาการทางการเรียนของเด็ก

8) ช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกันเอง ผู้เรียนสามารถที่จะช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกันได้ดี

9) ช่วยให้เห็นคุณค่าของความแตกต่างความถนัดและความชอบที่แตกต่างกัน ครูได้เห็นจุดอ่อนจุดแข็งของผู้เรียนแต่ละคน เพื่อด้วยกันก็เห็น และช่วยเหลือกันด้วยจุดแข็งของแต่ละคน

10) เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการห้องเรียน ครูสามารถทำหน้าที่ของการสอนที่สำคัญในเชิง

12) ประสานความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างโรงเรียนกับผู้ปกครองซึ่งการรับทราบและแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันจะทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้ที่ดีได้

**2. การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน**

**2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน**

แนวคิดที่นักการศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสนใจและเห็นว่าสอดคล้องกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ ๒๑ มากที่สุด คือ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivist LearningTheory) ได้แก่ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ซึ่งมีความเชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้สร้างความรู้ที่เป็นของตนเอง สร้างความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจของตนเองและมีส่วนร่วมในการเรียน (Active Leaning มากขึ้น รูปแบบจากการเรียนรู้ที่เกิดจากแนวคิดนี้มีหลายรูปแบบได้แก่ การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) การเรียนรู้แบบช่วยเหลือกัน (Collaborative Learning) การเรียนรู้โดยการค้นคว้าอย่างอิสระ (Independent Investigation Method) รวมทั้งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) (ยรรยง สินธุ์งาม, 2556)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ขึ้นงาน และการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแสวงหาความรู้ การใช้กระบวนคิด และทักษะในการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะเรียนรู้โดยสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ ผู้เรียนต้องศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เพื่อสร้างผลงานหรือชิ้นงาน เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการกระทำเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ถาวรด้วยตัวผู้เรียนเอง ทั้งนี้ ผู้เรียนอาจทำเป็นกลุ่มเล็กหรือเป็นกลุ่มใหญ่ก็ได้ ซึ่งจะเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทำงาน เป็นทีม ได้ร่วมมือร่วมใจในการทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของกลุ่มและเกิดผลสำเร็จร่วมกัน

หน่วยศึกษานิเทศก์ (2556) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จึงกำหนดเป็นนโยบายหลักในการขับเคลื่อนสู่สถานศึกษา โดยการจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้น เพิ่มทักษะการคิดและการพึ่งพาตนเอง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ทักษะและประสบการณ์ของตนเอง

แสดงออกถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การฝึกฝนทักษะการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และความเป็นประชาธิปไตย กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย การกำหนดประเด็นปัญหา การกำหนดวิธีหาคำตอบ และการสรุปองค์ความรู้จากโครงงาน

**2.2 ประเภทของโครงงาน**

โครงงานแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (ปรัชญนันท์ นิลสุข, 2558)

1. โครงงานประเภทสำรวจ (Survey Project)

2. โครงงานประเภททดลอง (Experiment Project)

3. โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ (Development Project)

4. โครงงานประเภททฤษฎี (Theory Project)

ซึ่งโครงงานแต่ละประเภท จะมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

1. โครงงานประเภทสำรวจ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ อย่างมีระบบ เป็นโครงงานประเภทเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาสาเหตุของปัญหาหรือสำรวจความคิดเห็น ข้อมูลที่รวบรวมได้บางอย่างอาจเป็นปัญหาที่นำไปสู่การทดลองหรือค้นพบสาเหตุของปัญหาที่ต้องหาวิธีแก้ไขและปรับปรุงร่วมกัน

2. โครงงานประเภททดลอง เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ ที่ต้องออกแบบทดลองเพื่อศึกษาว่าเป็นไปตามที่ตั้งสมมุติฐานไว้หรือไม่ มีการควบคุมตัวแปรอื่นซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษา มีการรวบรวมข้อมูล การดำเนินการทดลอง การแปลผล และสรุปผลการทดลองที่สอดคล้องกับสมติฐานที่ตั้งไว้

3. โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์ในการนำเอาความรู้ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดมาประยุกต์ใช้ โดยการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ ในการเรียน การทำงาน หรือการใช้สอยอื่น ๆ การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงงานนี้อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่โดยที่ยังไม่มีใครทำ อาจเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการอธิบายแนวคิดในเรื่องต่าง ๆ

4. โครงงานประเภททฤษฎี เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอความรู้ ทฤษฎี หลักการ แนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ยังไม่มีใครคิดมาก่อน หรือศึกษาขยายจากเดิมที่มีอยู่ ซึ่งความรู้ ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดที่เสนอ ต้องผ่านการพิสูจน์อย่างมีหลักการหรือใช้

วิธีการที่น่าเชื่อถือ เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางประวัติศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งผู้ทำโครงงานต้องเป็นผู้ที่มีความรู้พื้นฐานในเรื่องนั้น เป็นอย่างดี หรือต้องมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลมาประกอบอย่างลึกซึ้ง จึงจะทำให้สามารถกำหนดความรู้ ทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดใหม่ ๆ ขึ้นได้

**2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน**

การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ( Project-based Learning: PjBL) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญวิธีหนึ่ง ที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และทักษะผ่านกระบวนการศึกษาค้นคว้าและการใช้ความรู้ในชีวิตจริง ขับเคลื่อนผ่านกิจกรรมและการแก้ปัญหาที่ท้าทายร่วมกัน โดยมีผลงานที่แสดงถึงศักยภาพและความสำเร็จของผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้ในระดับอาชีวศึกษา จำเป็นต้องเตรียมผู้เรียนเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 เพื่อให้เป็นผู้ปฏิบัติงานบนพื้นฐานความรู้ (Knowledge Worker) ที่สามารถคิดเป็น ทำเป็น มีวิธีการหาความรู้ สร้างความรู้ด้วยตนเองตลอดชีวิต และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการทำงานได้ ดังนั้นครูจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน (Co-Leaming Process) ศึกษาการแก้ปัญหา (Problem Solving) ฝึกความคิดสร้างสรรค์ ประยุกต์ความรู้สร้างสรรค์ชิ้นงานโครงงาน เรียนรู้โดยการกระทำ (Learning by Doing) รวมทั้งอื่น ๆ เพื่อเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเข้าสู่ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้วิธีการสอนแบบโครงงาน ซึ่งเป็นเครื่องมือการเรียนรู้เพื่อสะท้อนผลสัมฤทธิ์ที่คาดหวังดังกล่าวข้างต้น จึงต้องดำเนินการ 6 ขั้นตอน ดังนี้

**ภาพ 2 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน**

**ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อม**

การเตรียมความพร้อม เป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับผู้สอนและผู้เรียน เป็นการเตรียมความพร้อมผู้สอนเพื่อให้เข้าใจบทบาทผู้สอนในการทบทวนสร้างความเข้าใจกับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ให้พร้อมต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (PjBL) ให้ประสบความสำเร็จ ส่วนการเตรียมความพร้อมผู้เรียนเป็นการสร้างความเข้าใจในบทบาทผู้เรียนให้เกิดความตระหนักถึงเป้าหมายการเรียนรู้และบทบาทผู้เรียนที่ต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ รวมไปถึงการเตรียมแหล่งข้อมูล วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา ความปลอดภัย และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงาน ซึ่งครูผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

**บทบาทผู้สอน**

1. กำหนดขอบเขตการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วย
    - 1.1 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์รายวิชา
    - 1.2 การกำหนดผลสัมฤทธิ์ที่คาดหวัง
    - 1.3 การกำหนดประเด็นปัญหา/สมมติฐาน/ประเภทโครงงาน
    - 1.4 การค้นคว้า/ทดลอง
    - 1.5 การสรุป/การประเมินตนเอง
    - 1.6 การหาความรู้เพิ่มเติม
    - 1.7 การนำเสนอ เผยแพร่
    - 1.8 การประเมินความก้าวหน้า
2. การกำหนดแหล่งเรียนรู้/ค้นคว้า
    - 2.1 ชุมชน ท้องถิ่น
    - 2.2 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT)
    - 2.3 ครู/ผู้เชี่ยวชาญ/ปราชญ์ชาวบ้าน
    - 2.4 แหล่งวิทยากร เช่น ห้องสมุด ศูนย์วิทยบริหาร ศูนย์การเรียนรู้ เป็นต้น
    - 2.5 สถานที่เรียนรู้ เช่น สถานประกอบการ สถานที่ภาครัฐและเอกชน เป็นต้น

**บทบาทผู้เรียน**

1. มีส่วนร่วมในการกำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานโครงงาน
2. กำหนดปัญหา ความต้องการ
3. ศึกษาแหล่งเรียนรู้/ค้นคว้า
4. แบ่งกลุ่มและทำงานร่วมกัน

**ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดและเลือกหัวข้อ**

การกำหนดและเลือกหัวข้อ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของแต่ละหัวข้อที่จะทำโครงงาน รวมถึงการศึกษาความคุ้มค่าของโครงงานที่จะทำของผู้เรียน การกำหนดและเลือกหัวข้อเป็นกิจกรรมที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดหัวข้อที่จะทำเป็นโครงงาน ศึกษาความเป็นไปได้ ความคุ้มค่าของแต่ละหัวข้อเพื่อเลือกโรงงานที่จะจัดทำ การกำหนดและเลือกหัวข้อได้เหมาะสมจะทำให้ผู้สอนและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่ไปพร้อมกัน ดังนั้นผู้เรียนจะต้องนำเสนอหัวข้อโครงงานต่อผู้สอน เพื่อให้ความเห็นชอบก่อนการดำเนินการขั้นต่อไป ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

**บทบาทผู้สอน**

1. จัดกิจกรรมหรือวิธีการเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการคิดหัวข้อเรื่องโครงงานด้วยวิธีการที่หลากหลาย

2. อำนวยความสะดวก หรือให้คำแนะนำในการกำหนดหัวข้อและเลือกหัวข้อ

3. กำกับ ติดตามอย่างใกล้ชิด ให้กำลังใจ ช่วยแก้ปัญหาและให้ผู้เรียนคิดวิธีการใหม่ หากไม่ประสบความสำเร็จ

4. เสนอแนะแหล่งข้อมูล แหล่งความรู้ ผู้รู้ เอกสารต่าง ๆ ให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า

5. สร้างแรงจูงใจ และแรงบันดาลใจในการเลือกหัวข้อโครงงานตามศักยภาพ และความสนใจของผู้เรียน

**บทบาทผู้เรียน**

1. กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม

2. ร่วมกันกำหนดและเลือกหัวข้อโครงงานโดยยึดหลักประชาธิปไตยและกระบวนการกลุ่ม

3. นำเสนอหัวข้อโครงงานต่อผู้สอน

**ขั้นตอนที่ 3 การเขียนเค้าโครงของโครงงาน**

การเขียนเค้าโครงของโครงงาน เป็นการสร้างผังมโนทัศน์ (Conceptual Map) หรือแผนที่ความคิด (Mind Map) ที่แสดงถึงภาพรวมทั้งหมดของโครงงานตั้งแต่ต้นจนจบ ประกอบด้วยแนวคิดหลักการ แผนงาน และขั้นตอนในการทำโครงงานตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น มีการกำหนดบทบาทและระยะเวลาในการดำเนินงาน ทำให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุม รอบคอบ ไม่สับสน ทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมองเห็นภาระงาน สามารถปฏิบัติโครงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ก่อนนำเสนอต่อครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนนำไปปฏิบัติในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป ซึ่งมีแนวทางในการจัดดำเนินการ ดังนี้

หลังจากผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันกำหนดหัวข้อที่จะทำเป็นโครงงานแล้ว ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มวางแผนการจัดทำโครงงาน โดยระบุกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนและตารางการดำเนินงาน กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม และนำเสนอข้อสรุปแก่ผู้สอนอีกครั้ง ซึ่งครูผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

**บทบาทผู้สอน**

1. สร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเกี่ยวกับกระบวนการในการเขียนเค้าโครงของโครงงานที่ผู้เรียนจะทำ

2. ให้การสนับสนุนคำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และตรวจสอบวิธีการเขียนเค้าโครงของโครงงานที่ผู้เรียนจะทำให้ถูกต้องตามระเบียบวิธี

3. ประสานงานกับหน่วยงาน บุคคล หรือแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำเค้าโครงของโครงงานของผู้เรียนให้ถูกต้องและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

4. กลั่นกรองและเห็นชอบให้ผู้เรียนจัดทำโครงงานตามที่ผู้เรียนเสนอ

5. กำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน

**บทบาทผู้เรียน**

1. ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้

2. ร่วมกันเขียนเค้าโครงของโครงงานตามระเบียบวิธี

3. นำเสนอเค้าโครงของโครงงานต่อครูผู้สอน

4. นำข้อเสนอแนะจากครูผู้สอนมาปรับปรุง

5. นำเสนอขอความเห็นชอบเพื่อปฏิบัติโครงงาน

**ขั้นตอนที่ 4 การปฏิบัติงานโครงงาน**

การปฏิบัติงานโครงงาน เป็นการนำขั้นตอนวิธีการตามเค้าโครงของโครงงานสู่การปฏิบัติ หลังจากที่ผู้เรียนได้รับความเห็นชอบจากครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาแล้ว ซึ่งในการปฏิบัติโครงงานนี้ ครูผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

**บทบาทผู้สอน**

1. อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติโครงงานของผู้เรียน เช่น จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เป็นต้น

2. ติดตามความก้าวหน้าการปฏิบัติโครงงานของผู้เรียน

3. ติดตามสถานการณ์ สภาพปัญหาในการปฏิบัติโครงงานของผู้เรียนระหว่างการ

4. ติดตามพฤติกรรม ทักษะกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น นวัตกรรมที่ใช้ วิธีการเรียนรู้ กระบวนการแก้ปัญหาในการปฏิบัติโครงงานของผู้เรียนระหว่างการปฏิบัติงานเป็นต้น

5. เสริมแรงทางบวก สร้างขวัญกำลังใจให้ผู้เรียนรู้จักการค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาปฏิบัติงาน

6. อำนวยความสะดวกให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม

7. เปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน

**บทบาทผู้เรียน**

1. ปฏิบัติงานโครงงาน
2. ประชุมปรึกษาหารือระหว่างผู้เรียน
3. ประชุมปรึกษาหารือกับครูและผู้เกี่ยวข้อง
4. รวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงานโครงงาน
5. วิเคราะห์และแปรผลข้อมูลการดำเนินงาน

**ขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลงาน**

การนำเสนอผลงาน เป็นการจัดทำรายงานและการนำเสนอผลการปฏิบัติโครงงาน ได้แก่ กระบวนการและผลงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนปฏิบัติงานโครงงานเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว ซึ่งครูผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาท ดังนี้

**บทบาทผู้สอน**

1. สร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเกี่ยวกับกระบวนการในการเขียนรายงานโครงงาน
2. มอบหมายให้ผู้เรียนจัดทำรายงานโครงงาน
3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการและผลงานโครงงาน

**บทบาทผู้เรียน**

1. เขียนรายงานโครงงาน
2. นำเสนอกระบวนการและผลงานโครงงาน

ในการเขียน รายงานโครงงาน ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ชัดเจน ครอบคลุมประเด็นสำคัญๆ ของโครงงานซึ่งเล่มรายงานควรประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ 3 ส่วน ดังนี้

1. **ส่วนหน้า** โดยทั่วไปประกอบด้วย ปกนอก ปกใน คำนำ และสารบัญ แต่อาจมีบทคัดย่อและกิตติกรรมประกาศอีกก็ได้

2. **ส่วนเนื้อหา** ประกอบด้วย 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย ความเป็นมาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน วิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และนิยามศัพท์

ตอนที่ 2 เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน

ตอนที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน

ตอนที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

3. **ส่วนอ้างอิง** ประกอบด้วย หนังสืออ้างอิงหรือบรรณานุกรม และภาคผนวก

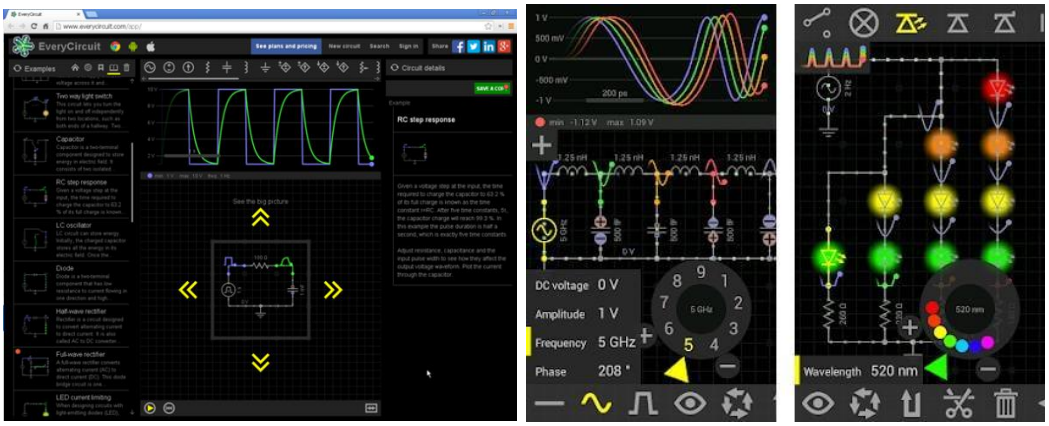
การนำเสนอผลงานหลังจากที่ผู้เรียนได้ดำเนินการจัดทำโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปคือ การนำเสนอผลงานของผู้เรียน ซึ่งครูผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน เป็นการฝึกผู้เรียนให้มีความสามารถในการสื่อสาร ขณะเดียวกันก็ต้องรับฟังข้อคิดเห็นจากเพื่อน ๆ ร่วมชั้นเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการเรียบเรียงความคิดรวบยอด (Concept) อย่างเป็นระบบ มีความความมั่นใจในการตอบคำถามเพื่อนในชั้นเรียน หรือผู้อื่นที่ยังสงสัยในประเด็นต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน การนำเสนอผลงานอาจจะเป็นการนำเสนอหน้าชั้นเรียน หรือผ่านเครื่องมือออนไลน์ต่าง ๆ เช่น Video Cip, Online Text, Webpage, Blog, Face Book เป็นต้น

จากทฤษฎีข้างต้น กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) ผู้เรียนจะเรียนรู้โดยสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผู้เรียนต้องศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติและแก้ปัญหา เพื่อสร้างผลงานหรือชิ้นงาน เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการกระทำเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ถาวรด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งจะเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทำงาน เป็นทีม ได้ร่วมมือร่วมใจในการทำงาน

## 3. **แอปพลิเคชัน** EveryCircuit

3.1 **ความหมายของ** EveryCircuit

แอปพลิเคชัน EveryCircuit เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถใช้การจัดการเรียนการสอนร่วมกันได้เพื่อสร้างความสนใจ ให้ผู้เรียนเกิดความแปลกในการทดลองที่มีองค์ประกอบภายในแอปพลิเคชันมากมายให้เลือกทดลอง โดยคุณสมบัติของแอปพลิเคชัน มีดังนี้




**ภาพ 3 ภาพหน้าจอแสดงผลการทำงานของแอปพลิเคชัน** EveryCircuit

**ที่มา** : https://apkdownloadforwindows.com/app/com.everycircuit.free/

Tursima Ratu and Mahamad Enfan (2022) แอปพลิเคชัน EveryCircuit คือ แอปพลิเคชันที่สามารถสร้างวงจรได้ด้วยตนเอง สามารถทำการทดลอง ต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งยังสามารถทำการปรับค่าตัวอุปกรณ์ในขณะที่วงจรกำลังทำงานอยู่ได้และยังสามารถปรับค่าได้ตลอดทุกการทำการทดลอง วงจรที่ออกแบบนั้นสามารถทำการปรับแก้ไขหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ได้ ไม่ว่าจะเป็นแบบดิจิตอลหรืออะนาล็อก แล้วยังสามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวของรูปคลื่นแรงดัน การไหลของกระแสไฟฟ้า และประจุของตัวเก็บประจุ ออสซิโลสโคป และสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้การออกแบบวงจรร่วมกับผู้อื่นได้อีกด้วย แอปพลิเคชัน EveryCircuit ผ่านการทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ในการทดสอบฟังก์ชันการทำงานและจำลองการออกแบบตัวกรอง และสามารถช่วยเป็นเครื่องมือในการเรียนอีกด้วย จึงเป็นที่นิยมและยอมรับในคนทั่วไป (Ensil Inc, 2017)

Muse Maze (2017) EveryCircuit มีคุณสมบัติมากมายในการพัฒนาการเรียนรู้เรื่องของวงจร การทำภาพเคลื่อไหวของคลื่นแรงดันจ่ายไฟ และการไหลของกระแสไฟฟ้า ทั้งยังมีอุปกรณ์ให้เลือกมากมาย เช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้า, เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า, ควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้า, VCVS, VCCS, CCVS, CCCS, ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, ตัวนำไฟฟ้า, หม้อแปลงไฟฟ้า, เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า, เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า, เครื่องวัดตัวต้านทาน, มอเตอร์แหล่งจ่ายไฟตรง, โพเทนซิโอมิเตอร์, หลอดไฟ, สวิตช์, SPST, SPDT, ปุ่มกด, NO, NC, ไดโอด, ซีเนอร์ไดโอด, LED, ทรานซิสเตอร์ MOS (MOSFET), ทรานซิสเตอร์สองขั้วทางแยก (BJT), ออปแอมป์, ดิจิตอลลอจิก

เกต (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XNOR), ลีเลย์, ไทม์เมอร์ 555 , ตัวนับเวลา และ 7-เซกเมน และดีคอร์เดอร์

แอปพลิเคชันแอนดรอย EveryCircuit ที่พัฒนาโดย Muse Maze จัดอยู่ในหมวดหมู่การศึกษา สามารถสร้างวงจรใด ๆ แตะที่ปุ่มเล่นและดูแรงดันไฟฟ้าแบบไดนามิกกระแสและชาร์จภาพเคลื่อนไหว สิ่งนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงการทำงานของวงจรอย่างที่ไม่มีสมการ ในขณะที่ทำการจำลองกำลังทำงานให้ปรับพารามิเตอร์วงจรด้วยปุ่มอะนาล็อกและวงจรตอบสนองต่อการกระทำสามารถสร้างสัญญาณอินพุต

Schematic editor มีการกำหนดเส้นทางสายอัตโนมัติและส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เรียบง่าย ไม่มีเรื่องไร้สาระแตะน้อยกว่าเพิ่มผลผลิต

**3.2 คุณสมบัติของ** EveryCircuit

1. เพิ่มห้องสมุดสาธารณะของวงจรชุมชน
2. ภาพเคลื่อนไหวของรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าและกระแสปัจจุบัน
3. ภาพเคลื่อนไหวของค่าธรรมเนียมตัวเก็บประจุปุ่มควบคุมแบบอะนาล็อก + ปรับพารามิเตอร์วงจร
4. เส้นทางสายอัตโนมัติ
5. Oscilloscope
6. DC แบบไม่มีรอยต่อและการจำลองชั่วคราว
7. ปุ่มเล่นเดี่ยว / หยุดชั่วคราวควบคุมการจำลอง
8. การออมและการโหลดวงจรวงจร
9. เครื่องมือจำลองมือถือที่สร้างขึ้นจากพื้นฐาน
10. เขย่าโทรศัพท์เพื่อเริ่มต้นออสซิลเลเตอร์
11. ส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย
12. ไม่มีโฆษณา

**3.3 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ใน** EveryCircuit

1) แหล่งควบคุม VCVS, VCCS, CCVS, CCCS
2) ตัวต้านทานตัวเก็บประจุตัวเหนี่ยวนำหม้อแปลง
3) โวลต์มิเตอร์, แอมป์มิเตอร์, โอห์มมิเตอร์
4) มอเตอร์ DC
5) โพเทนชิโอมิเตอร์, หลอดไฟ

6) สวิตช์, SPST, SPDT

7) ปุ่มกด, NO, NC

8) ไดโอด, ซีเนอร์ไดโอด, ไดโอดเปล่งแสง (LED)

9) ทรานซิสเตอร์ MOS (MOSFET)

10) ทรานซิสเตอร์สองขั้วทางแยก (BJT)

11) แอมพลิฟายเออร์ในอุดมคติ (op-amp)

12) ประตูลอจิกแบบดิจิตอล, และ, หรือ, ไม่, NAND, NOR, XOR, XNOR

13) รีเลย์

14) ตัวจับเวลา 555

15) เคาน์เตอร์

16) จอแสดงผลและตัวถอดรหัส 7 ส่วน

จากคุณสมบัติข้างต้นที่กล่าวมานั้น จะเห็นว่า แอปพลิเคชัน EveryCircuit เหมาะสำหรับการเรียนรู้ได้ตลอดเวลาที่สามารถใช้ได้ทั้งในเว็บไซต์ หรือโทรศัพท์มือถือทั้งระบบแอนดรอยและ iOS ทั้งยังมีอุปกรณ์ในการทดลองมากมายและยังสามารถแสดงผลออกมาได้เป็นภาพเคลื่อนไหวที่สามารถดึงดูดการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เพิ่มมากขึ้น

**4. ทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า**

**4.1 หลักสูตรอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เป็นหลักสูตรหลังมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่าที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการจัดการศึกษาด้านวิชาชีพระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และเพื่อยกระดับการศึกษาวิชาชีพของบุคคลให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ มาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ ตลอดจนยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ โดยเน้นการเรียนรู้สู่การปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับฝีมือ รวมทั้งคุณธรรมจริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน ให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และสามารถประกอบอาชีพอิสระ ได้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกระบบและวิธีการเรียนได้อย่างเหมาะสมตามศักยภาพ ตามความสนใจและโอกาสของตน ส่งเสริมให้มีการประสานความร่วมมือเพื่อจัดการศึกษาและพัฒนาหลักสูตรร่วมกันระหว่างสถาบัน

สถานศึกษา หน่วยงาน สถานประกอบการและองค์กรต่าง ๆ ทั้งในระดับชุมชน ระดับท้องถิ่นและระดับชาติ

4.1.1 หลักการของหลักสูตร

1) เป็นหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหลังมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่าด้านวิชาชีพที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติมาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรม จริชธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ

2) เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกเรียนได้อย่างกว้างขวาง เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริงสามารถลือกวิธีการเรียนตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเทียบ โอนผลการเรียนสะสมผลการเรียน เทียบโอนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการและสถานประกอบอาชีพอิสระ

3) เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชน

4) เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกยา สถานประกอบการ ชุมชนและท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการ โดยยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ และสอดคล้องกับสภาพยุทธศาสตร์ของภูมิภาคเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

4.1.2 จุดหมายของหลักสูตร

1) เพื่อให้มีดวามรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพเลือกวิถีการดำรงชีวิตและกรประกอบอาชีพได้อย่างหมาะสมกับตนสร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่นและประเทศชาติ

2) เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพมีทักษะการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะการคิด วิเคราะห์และการแก้ปัญหา ทักษะด้านสุขภาวะและความปลอดภัย ตลอดจนทักษะการจัดการ สามารถสร้างอาชีพและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

3) เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น

4) เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน การต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่นและประเทศชาติ ดำรงตนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เข้าใจและเห็นคุณค่าของการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นมีจิตสาธารณะและจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดี

5) เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริธรรม และวินัยในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับงานอาชีพ

6) เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองของประเทศและโลกมีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ดำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

**4.2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า**

4.2.1 การวิเคราะห์วงจร

David McMahon (2551) หน้าที่หลักของการวิเคราะห์วงจรคือ การวิเคราะห์ของวงจรไฟฟ้าเพื่อดูว่าการตอบสนองต่อการป้อนที่กำหนดอย่างไร การอินพุต (Input) อาจเป็นแรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือกระแสไฟฟ้า (Current) หรืออาจจะเป็นการรวมกันของ โวลเทจและกระแสไฟฟ้า องค์ประกอบไฟฟ้าสามารถเชื่อมต่อได้หลายวิธี เมื่อวิเคราะห์วงจร เราอาจต้องหาแรงดันไฟฟ้าผ่านส่วนประกอบบางอย่าง หรือกระแสไฟฟ้าผ่านส่วนประกอบอื่นสำหรับอินพุตที่ให้มา หรือเราอาจต้องหาแรงดันไฟฟ้าผ่านขั้วต่อขาออกที่เชื่อมต่อกับวงจร สรุปได้ว่า เมื่อทำการวิเคราะห์วงจร ทำให้ทราบว่าวงจรเฉพาะที่เราได้รับ จะตอบสนองต่อการป้อนข้อมูลโดยเฉพาะอย่างไร การตอบสนองของวงจรคือเอาต์พุต เพื่อเริ่มการศึกษาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของจะต้องกำหนดปริมาณพื้นฐานบางอย่าง เช่น กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าให้แม่นยำมากขึ้น

**5. การวัดและการประเมินผล**

(สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2562) กล่าวว่า การวัดและประเมินผล เป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการควบคู่กับการจัดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ และใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของ

ผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้จะพิจารณาทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย ทั้งนี้ เครื่องมือวัดความสามารถของผู้เรียนจะใช้หลักทางวิทยาศาสตร์มาช่วยเพื่อให้ได้ผลความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน ส่วนการประเมินผลคือการนำผลที่ได้ จากการวัดความสามารถของผู้เรียนมาเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อตัดสินว่าผู้เรียนมีความสามารถแต่ละด้านทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับใด

**5.1 การวัดผล** (Measurement)

การวัดผล หมายถึง กระบวนการที่นำตัวเลขมาใช้แทนปริมาณความสามารถของคุณลักษณะของผู้เรียนจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรม โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการวัดความสามารถของผู้เรียนและเทียบความแตกต่างระหว่างผู้เรียนแต่ละคนได้ โดยการวัดผลการศึกษาจะประกอบไปด้วย 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้
2. ด้านทักษะ
3. ด้านจิตพิสัย

1. **ด้านความรู้** เครื่องมือที่ใช้ส่วนมากเป็นแบบทดสอบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบจับคู่ แบบเติมคำในช่องว่างและแบบความเรียง ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบเลือกตอบและแบบความเรียง ทั้ง 2 แบบนี้จะต้องแยกความสามารถของผู้ตอบได้ตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรรายวิชา ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตรก่อนแล้วนำผลที่ได้จาก การวิเคราะห์หลักสูตรมากำหนดเป็นตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อกำหนดว่าจะวัดความสามารถของผู้เรียนถึงระดับใดบ้าง และจำนวนข้อสอบที่จะวัดตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ในแต่ระดับจะมีระดับละกี่ข้อ

2. **ด้านทักษะ** เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบประเมินเพื่อวัดความสามารถของผู้เรียนในการปฏิบัติงาน การดำเนินงานและการพัฒนางาน รวมทั้งวัดผลผลิตที่ได้จากการปฏิบัติงานด้วย เช่น ชิ้นงานรายงาน และหรือผลสำเร็จจากภาระงานที่ได้รับมอบหมาย แบบประเมินที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือแบบมาตราส่วนประมาณค่าและแบบตรวจสอบรายการ

2.1 แบบมาตราส่วนประมาณค่า ในการวัดทักษะต้องกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละส่วนของกรวัด แต่ถ้าใช้วัดความพึงพอใจ (แบบสอบถาม) ไม่ต้องกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

2.2 แบบตรวจสอบรายการ ในการวัดทักษะจะตรวจสอบว่าทำได้หรือทำไม่ได้ จำนวนข้อที่ใช้วัดจะต้องมีจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการวัด

3. **ด้านจิตพิสัย** เครื่องมือที่ใช้ส่วนมากจะเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน หรือแบบสัมภาษณ์ ตัวเครื่องมือจะมีลักษณะเหมือนแบบตรวจสอบรายการหรือเป็นแบบบันทึก

**5.2 การประเมินผล** (Evaluation)

การประเมินผล หมายถึง กระบวนการที่นำค่าที่ได้จากกรวัดมาวินิจฉัยเพื่อตัดสินหรือสรุปผลจากตัวเลขที่ได้จากกรวัดว่าอยู่ในระดับใดของเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐานกำหนด ใช้ในการตัดสินผู้เรียนว่าผ่านหรือไม่ผ่าน ถ้าผ่านจะอยู่ในระดับใดของเกณฑ์ที่กำหนด เช่น การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผลจึงเป็นการประเมินเชิงเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบพัฒนาการของผู้เรียนตามมาตรฐานที่กำหนด หรือเป็นการประเมินแบบอิงเกณฑ์ ผู้เรียนแต่ละคนต้องปฏิบัติให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งส่วนมากจะกำหนดเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำไว้ ผู้เรียนคนใดไม่ผ่านเกณฑ์ก็ต้องไปพัฒนาตนเองและมารับการทดสอบใหม่จนกว่าจะผ่านเกณฑ์ เช่น การประเมินตามสภาพจริง และการประเมินตามสมรรถนะ

**ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดผลและการประเมินผล**

| การวัดผล | การประเมินผล |
|---|---|
| 1. เป็นการกำหนดรายละเอียดจำนวนหรือปริมาณ | 1. เป็นการกำหนดระดับคุณค่า ตัดสินลงข้อสรุป |
| 2. เป็นการกระทำอย่างละเอียดทีละด้าน | 2.เป็นการสรุปรวม เป็นข้อชี้ขาด/ผลการตัดสิน |
| 3. ใช้เครื่องมือเป็นหลัก | 3. ใช้ผลจากการวัดเป็นหลัก โดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้แล้วล่วงหน้า |
| 4. ผลที่ได้เป็นข้อมูลรายละเอียด | 4.ผลที่ได้จากการตัดสินใจ |
| 5. อาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ | 5. ใช้ดุลพินิจในการตัดสินใจ |

**5.3 การประเมินตามสภาพจริง** (Authentic Assessment)

การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง การประเมินความสามารถตามสภาพความเป็นจริงของผู้เรียน โดยที่ผู้ประเมินจะหาวิธีการหรือเทคนิคในการประเมินให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งการเรียนรู้ของมนุษย์นั้นจะมีการพัฒนาหรือการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น การที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบไม่ผ่าน ไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนไม่มีความรู้ในรายวิชาที่ทำแบบทดสอบหรือไม่มีความรู้เพิ่มขึ้น แต่ผู้เรียนอาจจะรู้ในสิ่งที่แบบทดสอบไม่ได้ถามก็ได้

การวัดและประเมินผลการอาชีวศึกษา เน้นการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานตามสภาพความเป็นจริงของผู้เรียน โดยดำเนินการประเมินอย่างต่อเนื่องด้วยเทคนิควิธีการและเครื่องมือประเมินที่หลากหลายตามลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการการเรียนรู้รอบด้านของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะและพฤติกรรมลักษณะนิสัย ทั้งนี้ ในภาคทฤษฎีหรือด้านความรู้จะเน้นการประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่าและกระบวนการคิดที่นำไปใช้ในการทำงาน ส่วนภาคปฏิบัติหรือด้านทักษะ จะเน้นสมรรถะหรือความสามารถในการทำงาน กระบวนการที่ใช้ในการทำงาน และผลผลิตที่เกิดจากการทำงานที่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด รวมทั้งพฤติกรรมลักษณะนิสัยในการทำงานด้วย

**หลักของการประเมินตามสภาพจริง**

การประเมินตามสภาพจริงนอกจากจะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ยังช่วยพัฒนากระบวนการสอนและการประเมินผลของครูผู้สอนด้วย หลักของการประเมินผลตามสภาพจริงมีดังนี้

1. เป็นการประเมินความก้าวหน้าและการแสดงออกของผู้เรียนบนรากฐานของทฤษฎีทางพฤติกรรมการเรียนรู้ในแต่ละด้านของผู้เรียน โดยแต่ละด้านมีระดับของการเรียนรู้ ดังนี้

| ระดับ | พุทธิพิสัย | ทักษะพิสัย | จิตพิสัย |
|---|---|---|---|
| 6 | คิดสร้างสรรค์ | | |
| 5 | ประเมินค่า | ทำเป็นธรรมชาติ | สร้างบุคลิกภาพ |
| 4 | วิเคราะห์ | ปฏิบัติถูกต้องทุกขั้นตอน | จัดระบบตนเอง |
| 3 | การประยุกต์ใช้ | ปฏิบัติมีความผิดพลาดน้อย | เห็นคุณค่า |
| 2 | ความเข้าใจ | ปฏิบัติตามคำสั่ง | ตอบสนอง |
| 1 | ความจำ | เลียนแบบ ทำตาม | การรับรู้ |

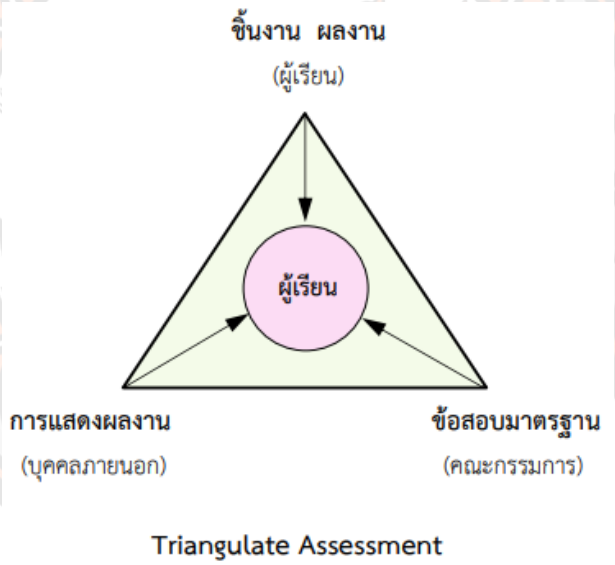
2. มีรากฐานบนพัฒนาการและการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้ที่ต่างกัน การประเมินความสามารถของผู้เรียนจึงควรมีการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำที่ผู้เรียนทั่วไปสามารถเรียนรู้ได้ในเวลาที่กำหนด

3. การประเมินตามสภาพจริงและการพัฒนาหลักสูตรที่เหมาะสมจะต้องจัดให้ส่งเสริมซึ่งกันและกัน หลักสูตรที่จัดให้ต้องมีความเป็นไปได้และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ไม่ยากและง่ายจนเกินไปและมีการประเมินตลอดเวลาที่มีกิจกรรมการเรียนการสอน

4. การประเมินตามสภาพจริงและหลักสูตรจะต้องพัฒนามาจากบริบทรากฐานทางวัฒนธรรมที่ผู้เรียนอาศัยอยู่และต้องเรียนรู้ หลักสูตรควรจัดให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น ตามความต้องการกำลังคน และไม่ขัดแย้งกับวัฒนธรรมของท้องถิ่น

5. ผู้สอนต้องสามารถบูรณาการและปรับขยายหลักสูตรให้ทันยุคสมัยได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุเป้าหมาย และเสริมสร้างศักยภาพเพื่อสนองความต้องการของผู้เรียนอย่างเต็มที่ มีการสอดแทรกเรื่องต่าง ๆ เข้าไปในการเรียนการสอนของผู้สอนได้ตลอดเวลา เช่น สอดแทรกพิษภัยของยาเสพติด การปฏิบัติตนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เป็นต้น

การประเมินตามสภาพจริงในการเรียนการสอน ใช้เพียงการประเมินจากกิจกรรมเดียวในการตัดสินว่าผู้เรียนผู้นี้สำเร็จการศึกษาจะไม่มีความสมบูรณ์ จึงควรต้องมีการประเมินจากบุคคลภายนอกและข้อสอบที่เป็นมาตรฐาน ดังแผนภาพต่อไปนี้




Triangulate Assessment

**ประโยชน์และความสำคัญของการประเมินตามสภาพจริง**

การประเมินตามสภาพจริงมีประโยชน์และความสำคัญทั้งต่อผู้เรียนและผู้สอน ดังนี้

1. **ด้านผู้เรียน** การประเมินตามสภาพจริงช่วยพัฒนาการเรียนรู้อย่างรอบด้านของผู้เรียน เนื่องจากการประเมินแบบเดิมที่นิยมใช้ คือ แบบทดสอบ ไม่สามารถวัดลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ทำให้จุดประสงค์การสอนบางประการที่สำคัญไม่ประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะจุดประสงค์ด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย การประเมินตามสภาพจริงจึงเป็นทางเลือกใหม่ เป็นวิธีการที่จะทำให้ครูใกล้ชิดและรอบคอบในการประเมินผู้เรียนมากยิ่งขึ้น โดยพิจารณาที่การเรียนรู้และชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์เป็นสำคัญ วิธีการประเมินที่หลากหลายจะทำให้ผู้เรียนถูกสอนให้

คิดและหาเหตุผลที่จะตอบคำถามให้ได้และขณะเดียวกันผู้สอนก็จะรับฟังและเขาใจความคิดของผู้เรียนด้วย

2. **ด้านผู้สอน** ผลการประเมินตามสภาพจริงนอกจากจะสะท้อนความสามารถของผู้เรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้แล้ว ยังสะท้อนถึงความสำเร็จหรือข้อบกพร่องของเทคนิควิธีการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนด้วย ดังนั้นครูสามารถนำข้อมูลมาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ ปรับกลยุทธการสอน เพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของผู้เรียนได้

จากทฤษฎีข้างต้นที่กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่า การวัดผลและประเมินผลเป็นส่วนสำคัญในการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้สอนเห็นได้ว่ามีข้อบกพร่องส่วนไหน เพื่อจะนำมาปรับแก้ไขในครั้งต่อไปได้ ผู้สอนจึงต้องมีความหลากหลายในการวัดผลเพราะผู้เรียนมมีการแสดงออกทางการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นในด้านความรู้ และทักษะที่แสดงออก ซึ่งแน่นอนว่าการวัดผลและประเมินผลทางด้านทักษะ จะแสดงออกได้ดีกับผู้เรียนอาชีวศึกษา เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่ต้องการฝึกผู้เรียนให้มีความสามารถทางด้านทักษะวิชาชีพ

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยภายในประเทศ

(สิทธิพงศ์ อินทรายุทร & และคณะ, 2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมที่เน้นการฝึกและการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มผสมผสาน เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1. พัฒนาและหาประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน 2. เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มผู้เรียนด้วยโปรแกรมการฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน 3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่เรียนโปรแกรมการฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานกับกลุ่มผู้ที่เรียนแบบวิธีปกติ 4. เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมแบบฝึกหัดที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 สาขาวิศวกรรมฟฟ้า จากครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 33 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มแบบจับคู่กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 16 คนผลวิจัยพบว่าโปรแกรมการฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 84.80/81.30 คะแนนการทดสอบหลังเรียนกลุ่มผู้เรียนด้วยโปรแกรมกรฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน สูงกว่าคะแนนทดสอบก่อน

เรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มผู้เรียนด้วยโปรแกรมการฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มผู้ที่เรียนแบบวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมการฝึกที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}$ = 4.29)

(เมธา อึ่งทอง et al., 2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาหลักวิชาชีพครู ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาหลักวิชาชีพครู ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ 1. การวิเคราะห์บทเรียน 2. วิธีการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย (2.1) เรียนทฤษฎีที่บ้าน ทำการบ้านที่โรงเรียน (2.2) เรียนร่วมกับเพื่อนสอนเพื่อน (2.3) การระดมความคิด (Brain Storming) (2.4) การนำความรู้ มาประยุกต์ใช้ในห้องเรียน และ 3. การประมินผล ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอน แบบห้องเรียนกลับด้าน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 2) ผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาหลักวิชาชีพครูสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ นักศึกษามีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาหลักวิชาชีพครู ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

(ธัญพร ถานะ, 2563) ได้ศึกษา การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพแบบใช้โครงงานเป็นฐาน (PJBL) ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น พบว่า งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้ 1) พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยการใช้รูปแบบโครงงานเป็นฐานในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น 3)ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ในภาคเรียนที่ 1/2563 จำนวน 20 คน การจัดการเรียนการสอนในราวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การควบคุมแอลอีดี (LED) หน่วยกรเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การควบคุมตัวแสดงผล LED 7 segment หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3)แบบทดสอบวัดความสาสามารถใน

การคิดวิเคราะห์ 4) แบบประเมินความพึงพอใจ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สถิติทดสอบสมมติฐานโดยใช้สูตร t-test (Dependent Samples) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการคิดของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานอยู่ในระดับ มาก โดยความพึงพอใจอันดับแรกเท่ากัน 3 รายการ คือ นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองได้ นักเรียนสามารถตัดสินใจโดยใช้เหตุผล นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.57 รองลงมาได้ค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้และบรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.54 และอันดับสุดท้าย คือ บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.27

(วิทฤทธิ์ โคตรมณี & ตรีบุณนิธิ, 2565) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ออนไลน์ด้วยโปรแกรม EveryCircuit กรณีศึกษาเรื่องการวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานรายวิชา การวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า โดยวัตถุประสงค์ ของงานวิจัยมีดังนี้ 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ร่วมกับโปรแกรม EveryCircuit เรื่องการวัดค่าพารามิเตอร์ พื้นฐานรายวิชาการวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ร่วมกับโปรแกรม EveryCircuit กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ชุดการสอนเรื่องการวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ

และโปรแกรม EveryCircuit กรวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานจากโปรแกรม SPSS 16.0 ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิตที่ผ่านการเรียนออนไลน์ร่วมกับโปรแกรม EveryCircuit สูงกว่าเกณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 80.38 ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 2) ความพึงพอใจของนักศึกษาที่ผ่านการเรียนออนไลน์ร่วมกับโปรแกรม EveryCircuit เรื่องการวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานรายวิชาการวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.49)

**6.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

(Tursina Ratu & Erfan, 2017)ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการใช้ EveryCircuit ต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียนและผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียน การวิจัยกึ่งทดลองนี้ใช้การออกแบบกลุ่มควบคุมแบบทดสอบก่อน-หลัง แบบจับคู่ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยสะมาวะ จำนวน 35 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง (นักเรียน 17 คน) ใช้ EveryCircuit และกลุ่มควบคุม (นักเรียน 18 คน) ใช้การเรียนรู้แบบเดิม (ปากเปล่า) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามแรงจูงใจในการเรียนและแบบทดสอบการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ข้อมูลในงานวิจัยนี้วิเคราะห์โดยใช้การทดสอบค่าทีอิสระและการทดสอบอัตราขยายปกติ ผลการวิจัยพบว่าแรงจูงใจของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ความสามารถของนักเรียน ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของกลุ่มทดลองดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($t_{value}$ 9.623 > $t_{table}$ 2.034) สรุปได้ว่า เครื่องจำลองทุกวงจรมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงแรงจูงใจและความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

(V S Andrini et al., 2018) ได้ทำการศึกษา เรื่องผลของรูปแบบผลกระทบของห้องเรียนกลับด้านและรูปแบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียน ความท้าทายของการปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 ในด้านการศึกษาต้องการนวัตกรรมและการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และพร้อมที่จะแข่งขันกับอีกขอบเขตหนึ่ง วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ การรู้ผลกระทบของห้องเรียนกลับด้านและรูปแบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างงานนักเรียน 38 คน เอกสารการเรียนรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสาร การรวบรวมข้อมูลใช้การสังเกต แบบสอบถามและการทดสอบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการผสมผสานระหว่างแบบการเรียนห้องเรียนกลับด้านกับแบบการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project Based Learning Model) ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงวิจารณ์ของนักเรียนด้วยค่า <0.05 ด้านการคิดเชิงวิจารณ์ เช่น การชี้แจงขั้นพื้นฐาน การสนับสนุนพื้นฐาน การอนุมาน และการชี้แจงล่วงหน้าแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกำไรคือ 0.39 (ระดับปานกลาง) รูปแบบการเรียนการสอน

แบบ ห้องเรียนกลับด้าน และ โครงงานเป็นฐาน ผสมผสานเข้ากับเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงการเรียนรู้ได้ง่าย โมเดลเหล่านี้มีส่วนทำให้กระบวนการเรียนรู้ที่น่าสนใจ มีประสิทธิภาพ มุ่งเน้นไปที่นักเรียน นอกจากนี้ พวกเขายังปรับปรุงความสามารถและความกระตือรือร้นของนักเรียนในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

(Christine Ulina Tarigan, 2022) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการจัดห้องเรียนกลับด้านร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับการการอ่าน การตั้งคำถามและการตอบคำถาม (RQA) บนทักษะ 4C ต่อทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียน การวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลองด้วยเทคนิคการสุ่มแบบกลุ่ม กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ชั้นเรียนในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง คลาสแรกประยุกต์คลาสกลับด้านด้วยการเรียนรู้ตามโครงการซึ่งได้รับความช่วยเหลือจาก Moodle ร่วมกับ RQA คลาสที่สองใช้การเรียนรู้แบบกลับด้านโดยใช้ Moodle โดยไม่มี PjBL และ RQA และชั้นเรียนควบคุมใช้การเรียนรู้ออนไลน์แบบเดิมโดยใช้ Moodle เท่านั้น แต่ละชั้นเรียนประกอบด้วยนักเรียน 25 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบเรียงความพร้อมคำถาม 10 ข้อ ประเมินทักษะการทำงานร่วมกันและการสื่อสารโดยใช้ใบสังเกตการณ์ ค่าเฉลี่ยของค่าทั้งสองนี้ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อกำหนดภาคแสดงความสามารถ 4C ของนักเรียน การทดสอบความเป็นปกติและความเป็นเนื้อเดียวกันพบว่าทั้งสามคลาสเหมือนกันและมีการแจกแจงแบบปกติ (sig.>0.05) ผลการทดสอบ ANOVA และการสังเกตการตอบสนองของนักเรียนแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในสามชั้นเรียน S1, S2 และ S3 ($\alpha$ = 0.05, sig.0.00) คลาสแรกแสดงผลทักษะ 4C สูงสุด ตามด้วยคลาสการรักษาที่สองและสามด้วยคะแนนเฉลี่ย 91.25 ตามลำดับ 91.52 (มีความสามารถมาก), 83.32; 83.04 (มีความสามารถมาก) และ 73.74; 73.64 (ความสามารถ) การค้นพบนี้คาดว่าจะเป็นคำแนะนำสำหรับนักการศึกษาในการบูรณาการทักษะ 4C ผ่านห้องเรียนกลับด้านเพื่อพัฒนาทักษะของนักเรียน

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการดำเนินวิจัย โดยมีลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือวิจัย
3. การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) อาชีวศึกษาจังหวัดสุโขทัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 กลุ่มเป้าหมายในการสุ่มที่ได้โดยใช้วิธีแบบเจาะจง จำนวน 20 คน

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1) ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

3) แบบทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4) แบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

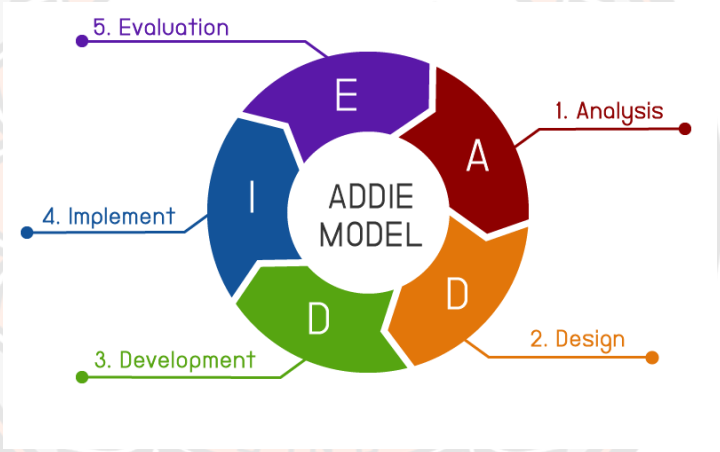
5) แบบประเมินชิ้นงานจากการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**การสร้างเครื่องมือในการวิจัย**

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีขั้นตอนการสร้างแต่ละประเภท ดังนี้

1. **ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน** EveryCircuit **โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีการสร้างขึ้นตามหลักการของการออกแบบและพัฒนาระบบการสอน อย่างมีระบบหลักการ ADDIE Model (Seels & Glasgow, 1978) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้




**ภาพ 4 หลักการออกแบบกระบวนการเรียนรู้และพัฒนา** ADDIE Model

ที่มา https://www.peoplevalue.co.th/content/9119/addie-model

**ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์** (Analysis) ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประเด็นดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ผู้เรียน (Audience Analysis)

วิเคราะห์ผู้เรียนเป็นนักเรียนในระดับใด เพราะจะมีผลต่อการใช้ห้องเรียนออนไลน์ ผู้วิจัยได้ผู้เรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ซึ่งมีทักษะในการประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน ร่วมกับการเรียนผ่านห้องเรียนออนไลน์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ และมีความสนใจในการเรียนด้วยห้องเรียนออนไลน์

2. การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ในการเรียนการสอนรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามหลักสูตรอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตร (ปวช.) พุทธศักราช 2562 มีจุดประสงค์รายวิชาเข้าใจกฎและทฤษฎี มีทักษะในการคำนวณต่าง ๆ การประกอบวงจร การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบวงจรไฟฟ้อกากระแสตรง มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มเติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความถูกต้องและปลอดภัย (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2562) ดังนั้น ผู้เรียนจะสามารถแสดงความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ทั้งยังสามารถประกอบและทดสอบวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

3. การวิเคราะห์เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาห้องเรียนออนไลน์ (Technology Analysis) ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบห้องเรียนออนไลน์ Google Sites เป็นแอปพลิเคชันออนไลน์หนึ่งที่ช่วยในการเรียนการสอนของครู โดยสามารถเชื่อมโยงเนื้อหา แหล่งต่าง ๆ ในรูปแบบไฟล์ เสียง วิดีโอ ที่นักเรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลและสามารถเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ (อภิวัฒน์ วงศ์กัณหา, 2565) ในการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนได้อธิบายเข้าใช้เทคโนโลยี เพื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ทบทวนเนื้อหา เมื่อเกิดข้อสงสัยสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างตนเอง เพื่อนในกลุ่มและครูสามารถค้นคว้า เพิ่มเติมจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

**ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ** (Design)

ผู้วิจัยได้นำเนื้อหาที่ได้วิเคราะห์ มาดำเนิน การออกแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

2. ออกแบบเนื้อหา เนื้อหาบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่

หน่วยที่ 1 วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า

หน่วยที่ 2 การต่อตัวต้านทาน

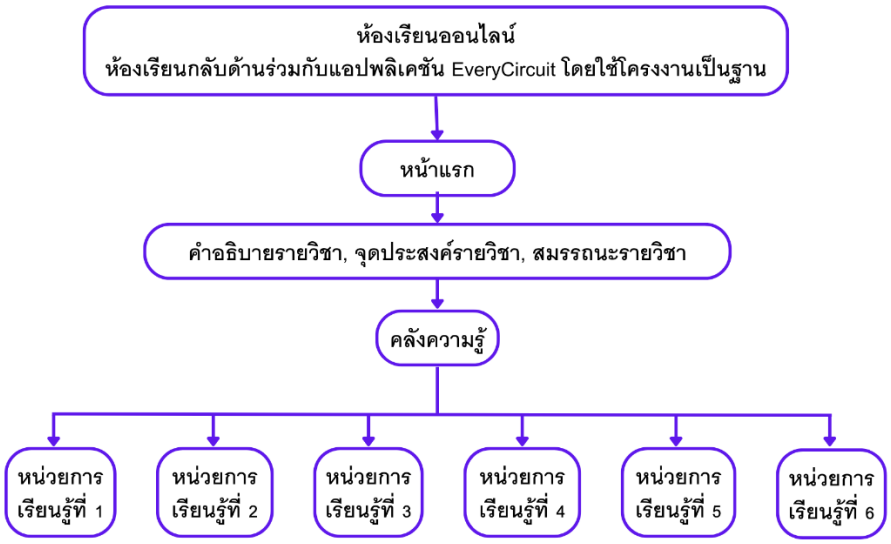
หน่วยที่ 3 กฎของโอห์ม

หน่วยที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

หน่วยที่ 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

หน่วยที่ 6 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

3. นำเนื้อหามาจัดทำออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์ เพื่อที่จะได้ทราบถึง แนวคิดในการพัฒนาออกมา และดำเนินการพัฒนาตามที่ออกแบบไว้




**ภาพ 5 ออกแบบโครงสร้างห้องเรียนออนไลน์ ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

4. ออกแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ตามองค์ประกอบห้องเรียนออนไลน์

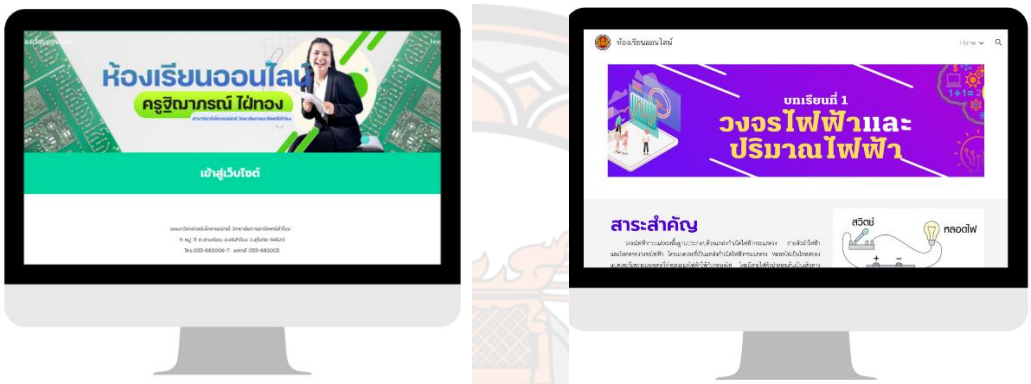
- ความเรียบง่าย (simplicity) หมายถึง การผสมผสานข้อความ ภาพ เสียง อย่างลงตัว เพื่อให้เข้าใจง่าย ที่สำคัญต้องไม่ใส่อะไรลงไปมากเกินไป เช่น ภาพมากเกินไป สีฉูดฉาดมากเกินไป

- ความสม่ำเสมอ (consistency)หมายถึง การใช้รูปแบบในการนำเสนอและองค์ประกอบต่าง ๆ ไปในทิศทางเดียวกันตลอดทั้งบทเรียน จะทำให้เกิดความคุ้นเคยหรือสนองต่อความคาดหวังของผู้เรียน

- ความชัดเจนในประเด็นนำเสนอ (clarity) เป็นการนำผลของการออกแบบเนื้อหาที่จัดไว้เป็น ระบบมานำเสนอให้ตรงประเด็น กระชับ ชัดเจนให้มากที่สุด โดยไม่ต้องใช้ข้อความบรรยาย

มากเกินไปหรือเป็นวิชาการมากเกินไป ควรใช้ประโยคหรือข้อความที่เหมาะสมกับระดับ และวัยของผู้เรียน ควรให้เป็นข้อความที่ ใกล้เคียงกับคำพูดที่ใช้สอนจริงในชั้นเรียน แต่ต้องไม่มีคำฟุ่มเฟือย

- ความสวยงามน่าดู (aesthetic consideration) มีความสำคัญที่ต้องนำมาใช้ควบคู่กับการออกแบบเนื้อหาในแต่ละหน้าจอทั้งเรื่องของรูปแบบตัวอักษร ขนาดตัวอักษร สีสัน จะต้องสอดคล้องกับเรื่องที่ นำเสนอ




**ภาพ** 6 รูปแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

**ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา** (development) ขั้นตอนนี้ผู้วิจัย ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือ

การพัฒนาห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีขั้นตอนดังนี้

3.1 การเตรียมการ (Presentation) ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องเตรียมวัสดุต่าง ๆ เพื่อการพัฒนา เช่น เนื้อหา ข้อความ ภาพ สื่อ Power Point โดยจัดหาจากแหล่งต่าง ๆ หากนำมาจากอินเทอร์เน็ตก็ต้องนำมาอ้างอิงด้วย หรือผลิตขึ้นมาเองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วเก็บบันทึกไว้เป็นหมวดหมู่ก่อนนำไปใช้พัฒนาห้องเรียนในขั้นต่อไป

3.2 การสร้างบทเรียน หลังจากการเตรียมข้อความ ภาพ สื่อ Power Point แบบทดสอบ ที่ใช้ในการประกอบบทเรียนแล้ว ดำเนินการสร้างห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน จัดรูปแบบหน้าเว็บไซต์ตามโครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการใช้ข้อมูลที่เตรียมการมาทั้งหมดในขั้นตอนแรก เพื่อสร้างห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน รวมทั้งการสร้าง

คำถามระหว่างบทเรียนแบบทดสอบการประเมินผลคะแนน ตามลักษณะของห้องเรียนที่วิเคราะห์เนื้อหามาตั้งแต่ขั้นแรก

3.3 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและขอคำแนะนำเพื่อปรับปรุงต่อไป

3.4 นำเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีจำนวน 2 ท่าน เพื่อหาคุณภาพของห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

**ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้** (Implementation)

เมื่อได้ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานสมบูรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำไปทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง ที่ลงเรียนทะเบียนเรียนวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 กลุ่มเป้าหมายในการสุ่มที่ได้โดยใช้วิธีแบบเจาะจง จำนวน 20 คน

**ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล** (Evaluation)

1. ประเมินจากแบบทดสอบความรู้และแบบประเมินทักษะหลังการเรียนด้วยการจัดการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ ประเมินชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ที่มีต่อการจัดการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

2. เขียนรายงานการวิจัย

## 2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ภาคเรียนที่ 1/2565 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 และแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1

2.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อมาวิเคราะห์แต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของห้องเรียนกลับ

ด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน วิเคราะห์แล้วประยุกต์และสอดแทรกแต่ละขั้น เพื่อส่งเสริมความรู้และทักษะให้เกิดกับนักเรียน จึงได้เป็น ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

2.3 วิเคราะห์เนื้อหาและสมรรถนะการเรียนรู้ เพื่อวางแผนในการสอน ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนดผลการเรียนรู้ตามมาตรฐาน/ผลการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรกำหนด จำนวนหน่วยกิต ซึ่งหลักสูตรของวิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง ได้กำหนดจำนวนหน่วยกิต ของรายวิชา 20105-2002 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 2 หน่วยกิต โดยจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.1

**ตาราง 3** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้

| **แผนการจัดการเรียนรู้** | **สมรรถนะที่พึงประสงค์** | **เวลา (ชั่วโมง)** |
|---|---|---|
| **หน่วยที่** 1 วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า | นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ปริมาณต่าง ๆ ที่สำคัญทางไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงประเภทต่าง ๆ หน่วยวัด สัญลักษณ์และการเปลี่ยนหน่วยปริมาณทางไฟฟ้าโดยใช้ชื่อประกอบหน้าหน่วย การวัดปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า การใช้เครื่องวัดไฟฟ้าวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า | 4 |
| **หน่วยที่** 2 การต่อตัวต้านทาน | นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการนำตัวต้านทานมาต่อเป็นวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม และคำนวณหาค่าความต้านทานรวมในระหว่างจุดสองจุดของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม และต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม และใช้มัลติมิเตอร์ย่านการวัดความต้านทานวัดความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน แบบอนุกรม-ขนานและแบบขนาน-อนุกรม | 4 |

| แผนการจัดการเรียนรู้ | สมรรถนะที่พึงประสงค์ | เวลา (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| **หน่วยที่** 3 กฎของโอห์ม | นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานตามกฎของโอห์ม คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานโดยใช้กฎของโอห์ม หาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเมื่อความต้านทานมีค่าคงที่และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทานเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดมีค่าคงที่ | 4 |
| **หน่วยที่** 4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม | นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ค่าความต้านทานรวมและกำลังไฟฟ้า การเปิดวงจรของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม การนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่ออนุกรมกัน การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน | 4 |
| **หน่วยที่** 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน | นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละสาขา แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ค่าความต้านทานรวมและกำลังไฟฟ้า การเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า การนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่อขนานกัน การต่อวงจรไฟฟ้าแบบ | 4 |

| แผนการจัดการเรียนรู้ | สมรรถนะที่พึงประสงค์ | เวลา (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| | ขนาน การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทานรวม | |
| **หน่วยที่** 6 วงจรไฟฟ้าแบบผสม | นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสมที่ประกอบด้วยวงจรอนุกรม-ขนานและวงจรขนาน-อนุกรม นำคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานมาใช้ประกอบในการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทานรวมและกำลังไฟฟ้าด้วยกฎของโอห์ม การเขียนแผนภาพการยุบส่วนต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบผสม ปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม-ขนานและขนาน-อนุกรม การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนานและขนาน-อนุกรม | 4 |
| | **รวม** | **24** |

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และเวลาในการจัดการเรียนรู้ เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า คลอบคลุมทุกหน่วยการเรียนรู้และผลการวิเคราะห์ได้จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ เวลา 24 ชั่วโมง

2.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ เวลา 24 ชั่วโมง

2.4.1 ออกแบบการเขียนแผนกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

2.4.2 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามที่ออกแบบไว้ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) นอกชั้นเรียน (Out Class Activities)

1.1) ขั้นเตรียม

1.2) ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement)

1.3) ขั้นที่ 2 สำรวจและสืบค้น (Exploration)

2) ในชั้นเรียน (In Class Activities)

2.1) ขั้นที่ 3 อภิปรายและลงข้อมูล (Explanation)

2.2) ขั้นที่ 4 ขยายความรู้และประยุกต์ (Elaboration)

2.3) ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation)

2.4) ขั้นที่ 6 สรุป

**ตาราง 4** แผนการจัดการเรียนรู้แบบแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน Every Circuit โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

| **แผนการจัดการเรียนรู้** | **สมรรถนะที่พึงประสงค์** | **เวลา (ชั่วโมง)** | **ขั้นการสอน** |
|---|---|---|---|
| **ตัวอย่างหน่วยที่ 1** กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้า | คำนวณกฎของโอห์ม วงจรอนุกรม และวงจรขนานได้ และสามารถบอกชนิดของวงจรได้ถูกต้องตามมาตรฐานกำหนด | 4 | นอกชั้นเรียน (Out Class Activities)<br>● ขั้นเตรียม<br>- ผู้สอนสร้างบทเรียนออนไลน์ผ่าน Google Site<br>- ผู้สอนชี้แจงรายละเอียดให้นักเรียน<br>● ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ<br>- ผู้สอนกระตุ้นด้วยคำถามที่นำไปสู่การค้นหาคำตอบ<br>- ผู้สอนแนะแหล่งเรียนรู้ผ่าน Google Site และแหล่งเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือ<br>● ขั้นที่ 2 สำรวจและสืบค้น<br>- ปฏิบัติกิจกรรมผ่านการทดลอง |

| แผนการจัดการเรียนรู้ | สมรรถนะที่พึงประสงค์ | เวลา (ชั่วโมง) | ขั้นการสอน |
|---|---|---|---|
| | | | ปฏิบัติผ่าน แอปพลิเคชัน Every Circuit<br>ในชั้นเรียน ( In Class Activities)<br>● ขั้นที่ 3 อภิปราย<br>- จัดกลุ่มเพื่อทำการอภิปรายและลงมือปฏิบัติ<br>● ขั้นที่ 4 ขยายความรู้<br>- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเรื่อง กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้า<br>● ขั้นที่ 5 การประเมินผล<br>- ครูประเมินผลจากการบันทึกใบงานผลการทดลองเรื่อง วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ปริมาณต่าง ๆ ที่สำคัญทางไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงประเภทต่าง ๆ หน่วยวัดสัญลักษณ์และการเปลี่ยนหน่วยปริมาณทางไฟฟ้าโดยใช้ชื่อประกอบหน้าหน่วย การวัดปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า การใช้เครื่องวัดไฟฟ้าวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า โดยการตรวจให้คะแนน |

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

2.6 สร้างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

5 คะแนน หมายถึง มีประสิทธิภาพดีมาก

4 คะแนน หมายถึง มีประสิทธิภาพดี

3 คะแนน หมายถึง มีประสิทธิภาพปานกลาง

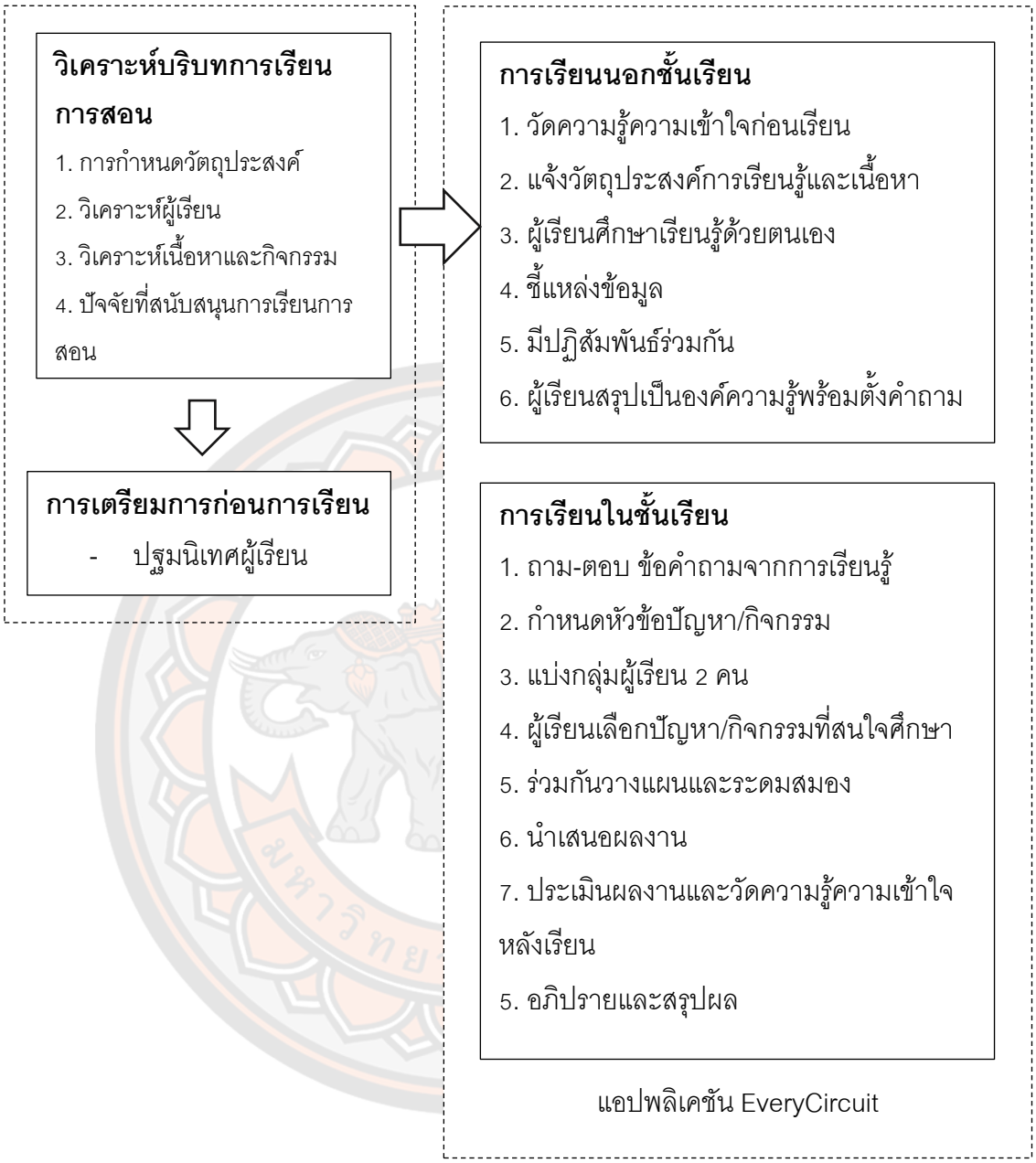
2 คะแนน หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อย

1 คะแนน หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีคุณสมบัติด้านการสอนหรือทำงานมากกว่า 10 ปี ทางด้านทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของแผนการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

2.8 นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญไปตรวจสอบเพื่อคุณภาพปรับปรุงแผนการจัดกาเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วรวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปตรวจสอบเพื่อหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับของ Likert (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 102-103) โดยใช้เกณฑ์การประเมินคำตอบในแบบสอบถาม ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า ให้คะแนนเป็นดังนี้

| | |
|---|---|
| ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 | หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 | หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก |
| ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 | หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง |
| ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 | หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย |
| ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 | หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด |




**ภาพ 7** แสดงรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

**3) แบบทดสอบความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแบบทดสอบความรู้เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตร เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 30 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โดยการวิเคราะห์สมรรถนะการเรียนรู้ตามหลักสูตรทุกแผนการเรียนรู้ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวิธีการประเมินผล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบความรู้

3.2 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ตามผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในการเขียนยึดหลักตามหลักการเขียนแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ โดยเลือกแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก หลักในการคิดคะแนน คือ ตอบถูก 1 ข้อ ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 คำตอบได้ 0 คะแนน

3.3 นำแบบทดสอบความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำกลับมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

3.4 นำแบบทดสอบความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีคุณสมบัติด้านประสบการณ์สอนหรือการทำงานมีความรู้ความสามารถทางด้านเนื้อหา และด้านวิจัยจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้ (IOC) โดยพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน (ไพศาล วรคำ, 2561, น.269) ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ผลการเรียนรู้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ผลการเรียนรู้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงผลการเรียนรู้

3.5 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบความรู้เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ ปรับแก้ข้อคำถามของแบบทดสอบความรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และปรับแก้ข้อคำถามของแบบทดสอบให้ตรงกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ผลการประเมินพบว่าแบบทดสอบความรู้มีค่า IOC ค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 ได้ข้อสอบ 30 ข้อ

3.7 นำแบบทดสอบความรู้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินความรู้การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

**4) แบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อใช้ในการประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบประเมิน ดังนี้

4.1 ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี รูปแบบ วิธีการสร้างแบบประเมินจากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ โดยสร้างตามขอบข่ายวัตถุประสงค์ของทักษะการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม จำนวน 5 ข้อ

4.3 นำแบบประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบการเรียนรู้ (IOC) โดยพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน (ไพศาล วร คำ, 2561, น. 269) ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

4.4 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดกับคุณลักษณะต้องการที่วิเคราะห์ พบว่า แบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า มีค่า IOC ค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 ได้จำนวน 5 ข้อ

4.5 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า คือ ปรับแก้ตัวเลือกของข้อสอบและข้อคำถามให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการคิดวิเคราะห์

4.6 นำแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า จำนวน 5 ข้อ ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ระดับชั้นปีที่ 1 จำนวน 20 คน วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง เพื่อปรับปรุงเนื้อหา ภาษา ข้อคำถามและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

4.7 นำผลที่ได้จากการทดลองใช้แบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า จำนวน 10 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.06-0.80 จากนั้นคัดเลือกแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า จำนวน 5 ข้อ ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.45-0.80

4.8 นำแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่คัดเลือกไว้ จำนวน 5 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น พบว่า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.89

4.9 จัดพิมพ์เป็นแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 5 ข้อ เพื่อใช้วัดทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

**5) แบบประเมินชิ้นงานจากการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินชิ้นงานจากการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อใช้ในการประเมินชิ้นงาน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบประเมิน ดังนี้

5.1 ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี รูปแบบ วิธีการสร้างแบบประเมินจากหนังสือเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.2 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบประเมินชิ้นงาน ซึ่งกำหนดประเด็นในการประเมินโครงงาน ประกอบไปด้วย 1) รายงานชิ้นงาน 2) ความสำคัญของการจัดทำชิ้นงาน 3) เนื้อหาชิ้นงาน 4) กระบวนการทำงาน 5) การนำเสนอชิ้นงาน 6) ผลงานจากการทำชิ้นงาน

5.3 กำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินกระบวนการทำงานชิ้นงานแบบรูบริกส์ (Rubrics Score) โดยใช้แบบมาตรประเมินค่า 3 ระดับ คือ

| | | |
|---|---|---|
| 3 คะแนน | หมายถึง | ชิ้นงานอยู่ในระดับสูง |
| 2 คะแนน | หมายถึง | ชิ้นงานอยู่ในระดับปานกลาง |
| 1 คะแนน | หมายถึง | ชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ |

โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 2.50 - 3.00 | หมายถึง | การทำชิ้นงานอยู่ในระดับสูง |
| 1.50 - 2.49 | หมายถึง | การทำชิ้นงานอยู่ในระดับปานกลาง |
| 1.00 - 1.49 | หมายถึง | การทำชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ |

5.4 นำแบบประเมินกระบวนการทำชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้ภาษา ความชัดเจน ความเหมาะสม แล้วนำคำแนะนำที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

5.5 นำแบบทดสอบทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีคุณสมบัติด้านประสบการณ์สอนหรือการทำงานมีความรู้ความสามารถทางด้านเนื้อหา และด้านวิจัย จำนวน 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง เพื่อนำมาหาค่าดัชนีค่าสอดคล้อง (IOC) และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5.6 นำแบบประเมินชิ้นงานไปใช้ในการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. นำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า แบบปรนัย 4 ตัวเลือกไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วบันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre-Test)

2. นำแบบประเมินทักษะก่อนเรียน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า แบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้วบันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre-Test)

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 สัปดาห์ รวม 24 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

4. นำแบบทดสอบความรู้ หลังเรียน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่แบบปรนัย 4 ตัวเลือกไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วบันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนหลังเรียน (Post-Test) เป็นชุดเดียวกับแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน (Pre-Test)

5. นำแบบทดสอบทักษะ หลังเรียน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่แบบอัตนัย 5 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้วบันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบครั้งนี้เป็นคะแนนหลังเรียน (Post-Test) เป็นชุดเดียวกับแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน (Pre-Test)

6. ทำแบบประเมินชิ้นงาน จากจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit แบบรูบริกส์ (Rubrics Score)

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. เปรียบเทียบแบบทดสอบความรู้หลังเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ร้อยละ (%) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test for One-Sample

2. เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนและหลังแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าโดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ร้อยละ (%) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test for One-Sample

3. ศึกษาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากชิ้นงาน วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ร้อยละ (%) ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาตามลำดับ คือ สูง ปานกลาง ต่ำ

**สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) โดยใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.197-198)

$$\bar{X}=\frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2532, น.197-198)

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

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

X แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียน

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ โดยใช้สูตรการหาค่าความสอดคล้อง IOC (สมนึก ภัททิยธนี, 2537, น.166-167)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 ค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.209-211)

2.2.1 ค่าความยากง่าย

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนก

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

$R_U$ แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

$R_L$ แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.3 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson 20 หรือ KR-20 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.209-211)

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

เมื่อ $r_{tt}$ แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ (q = 1-p)

$S^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 เปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample) (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.209-211)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่

d*f* แทน ความอิสระมีค่าเท่ากับ N-1

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นผลการพัฒนาเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

2. ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

3. ผลการเปรียบเทียบทักษะก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

4. ผลการฝึกทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากชิ้นงานแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

**1. ผลการพัฒนาแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

**ตาราง 5** ผลการพัฒนาแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

| รายการประเมิน | $\bar{X}$ | SD | ระดับการประเมิน (n = 5) |
|---|---|---|---|
| **1. จุดประสงค์การเรียนรู้** | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 1.3 สามารถวัด/ประเมินผลได้ | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.733 | .278 | มากที่สุด |
| **2. สาระสำคัญ** | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ชัดเจน เข้าใจง่าย | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 2.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.866 | .182 | มากที่สุด |
| **3. สาระการเรียนรู้** | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 3.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.40 | .548 | มาก |
| 3.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 3.4 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.75 | .250 | มากที่สุด |
| **4. เนื้อหา** | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 4.3 เหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |

| รายการประเมิน | $\bar{X}$ | SD | ระดับการประเมิน (n = 5) |
|---|---|---|---|
| **เฉลี่ย** | 4.86 | .182 | มากที่สุด |
| **5. กิจกรรมการเรียนรู้** | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 5.2 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 5.3 เร้าความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 5.4 เหมาะสมกับระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 5.5 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.88 | .109 | มากที่สุด |
| **6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้** | | | |
| 6.1 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 6.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรม | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 6.3 เร้าความสนใจต่อผู้เรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **7. การวัดและประเมินผล** | | | |
| 7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 7.3 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้ | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 7.4 วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 7.5 เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมกับผู้เรียน | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.88 | .178 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ยทั้งหมด** | 4.85 | .120 | มากที่สุด |

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการประเมินคุณภาพแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านนั้น ในภาพรวมปรากฏว่า มีผลการประเมินความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.120 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ พบว่า ระดับ

ความเหมาะสม อยู่ในระดับ มากที่สุด โดยเมื่อพิจารณารายข้อแล้วพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

**2. ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

**ตาราง 6** ผลการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

| ผลการทดลอง | *n* | $\overline{X}$ | S.D. | *t* | d*f* | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน | 20 | 9.60 | 2.23 | 17.14 | 19 | .000 |
| หลังเรียน | 20 | 17.00 | 1.37 | | | |

*p < .05

จากตาราง 5 พบว่า นักเรียนมีความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**3. ผลการเปรียบเทียบทักษะก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

จากการศึกษาผลคะแนนแบบทดสอบทักษะการวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนและหลังแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน โดยวิเคราะห์ผลการทดสอบทักษะการวิเคราะห์ไฟฟ้าก่อนเรียนและหลังเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ตาราง 7** ผลการเปรียบเทียบทักษะก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

| ผลการทดลอง | *n* | $\overline{X}$ | S.D. | *t* | d*f* | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน | 20 | 7.55 | 2.06 | 14.64 | 19 | .00 |
| หลังเรียน | 20 | 16.30 | 1.56 | | | |

*p < .05

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

**4. ผลการฝึกทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากชิ้นงานแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้แบบประเมินกระบวนการทำชิ้นงาน แสดงไว้ในตารางดังนี้

**ตาราง 8** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit รายงานชิ้นงาน

| **รายการที่ต้องประเมิน** | $\overline{X}$ | **ร้อยละ (%)** | **ผลการประเมิน (n = 20)** |
|---|---|---|---|
| **1. รายงานชิ้นงาน** | | | |
| 1.1 รูปเล่มชิ้นงานมีองค์ประกอบครบถ้วน | 2.60 | 86.6 | สูง |
| 1.2 เสร็จตามเวลาที่กำหนด | 2.40 | 80.0 | ปานกลาง |
| **เฉลี่ย** | **2.50** | **83.3** | **สูง** |

จากตาราง 7 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit รายงานชิ้นงาน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในเกณฑ์สูงมีค่าเฉลี่ย( $\overline{X}$) ทั้งหมด 2.50 คิดเป็นร้อยละ 83.3 ของทั้งหมด โดยผลการประเมิน รูปเล่มชิ้นงานมีองค์ประกอบครบถ้วนค่าเฉลี่ย 2.60 คิดเป็นร้อยละ

86.67 ของทั้งหมดและเสร็จตามเวลาที่กำหนด มีผู้เรียนที่ได้เกณฑ์ดีขึ้นไปเป็น ค่าเฉลี่ย 2.40 คิดเป็นร้อยละ 80 ของทั้งหมด

**ตาราง 9** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ความสำคัญของการจัดทำชิ้นงาน

| **รายการที่ต้องประเมิน** | $\overline{X}$ | **ร้อยละ** (%) | **ผลการประเมิน** (n = 20) |
|---|---|---|---|
| **2. ความสำคัญของการจัดทำชิ้นงาน** | | | |
| 2.1 เป็นงานกลุ่ม | 2.50 | 83.3 | สูง |
| 2.2 ผู้เรียนริเริ่มเอง | 2.40 | 80.0 | ปานกลาง |
| 2.3 มีการทำงานเป็นกระบวนการกลุ่ม | 2.50 | 83.3 | สูง |
| 2.4 มีการพัฒนาตนเอง | 2.55 | 85.0 | สูง |
| 2.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 2.80 | 93.3 | สูง |
| 2.6 มีความสอดคล้องกับเนื้อหา | 2.75 | 91.6 | สูง |
| 2.7 มีประโยชน์ในชีวิตจริง | 2.70 | 90.0 | สูง |
| **เฉลี่ย** | **2.86** | **95.3** | **สูง** |

จากตาราง 10 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ความสำคัญของการจัดทำชิ้นงาน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในเกณฑ์สูง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.86 คิดเป็นร้อยละ 95.33 ของทั้งหมด โดยผลการประเมิน มากที่สุด คือ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.80 คิดเป็นร้อยละ 93.33 ของทั้งหมด และการประเมินที่น้อยที่สุด คือ ผู้เรียนริเริ่มเอง มีผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลางค่าเฉลี่ย( $\overline{X}$) ทั้งหมด 2.40 คิดเป็นร้อยละ 80 ของทั้งหมด

**ตาราง 10** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เนื้อหาโครงงาน

| รายการที่ต้องประเมิน | $\overline{X}$ | ร้อยละ (%) | ผลการประเมิน (n = 20) |
|---|---|---|---|
| **3. เนื้อหาโครงงาน** | | | |
| 3.1 ความถูกต้องของเนื้อหา | 2.40 | 80.0 | ปานกลาง |
| 3.2 ใช้แนวคิดให้เหมาะสม | 2.35 | 78.3 | ปานกลาง |
| 3.3 ใช้ข้อมูลข่าวสารที่เหมาะสม | 2.65 | 83.3 | สูง |
| 3.4 สรุปได้เหมาะสม | 2.40 | 80.0 | ปานกลาง |
| 3.5 ขยายงานที่จะต้องทำต่อเนื่องอีกต่อไป | 2.40 | 80.0 | ปานกลาง |
| **เฉลี่ย** | **2.44** | **81.3** | **ปานกลาง** |

จากตาราง 11 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เนื้อหาโครงงาน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในเกณฑ์สูง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.80 คิดเป็นร้อยละ 93.3 ของทั้งหมด โดยผลการประเมิน มากที่สุด คือ ใช้ข้อมูลข่าวสารที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.65 คิดเป็นร้อยละ 83.3 ของทั้งหมด และการประเมินที่น้อยที่สุด คือ ใช้แนวคิดให้เหมาะสม มีผลการประเมินอยู่ในระดับสูงค่าเฉลี่ย( $\overline{X}$) ทั้งหมด 2.35 คิดเป็นร้อยละ 78.3 ของทั้งหมด

**ตาราง 11** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit กระบวนการทำงาน

| รายการที่ต้องประเมิน | $\overline{X}$ | ร้อยละ (%) | ผลการประเมิน (n = 20) |
|---|---|---|---|
| **4. กระบวนการทำงาน** | | | |
| 4.1 วางแผนอย่างเป็นระบบ | 2.25 | 75.0% | ปานกลาง |
| 4.2 ดำเนินงานตามแผน | 2.15 | 71.7% | ปานกลาง |
| 4.3 ประเมินและปรับปรุงการดำเนินงาน | 2.35 | 78.3% | ปานกลาง |
| 4.4 ความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่ม | 3.00 | 100% | สูง |
| **เฉลี่ย** | **2.25** | **75.0%** | **ปานกลาง** |

จากตาราง 10 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit กระบวนการทำงาน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.25 คิดเป็นร้อย 75.0 ของทั้งหมด โดยผลการประเมิน มากที่สุด คือ ความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่มมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.35 คิดเป็นร้อยละ 78.3 ของทั้งหมด และการประเมินที่น้อยที่สุด คือ ดำเนินงานตามแผน มีผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลางค่าเฉลี่ย( $\overline{X}$) ทั้งหมด 2.15 คิดเป็นร้อยละ 71.7 ของทั้งหมด

**ตาราง 12** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit การนำเสนอ

| **รายการที่ต้องประเมิน** | $\overline{X}$ | **ร้อยละ (%)** | **ผลการประเมิน (n = 20)** |
|---|---|---|---|
| **5. การนำเสนอ** | | | |
| 5.1 การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน | 2.35 | 78.3 | ปานกลาง |
| 5.2 ความสมบูรณ์ของข้อมูล | 2.30 | 76.7 | ปานกลาง |
| 5.3 ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอ | 2.55 | 85.0 | สูง |
| 5.4 ข้อสรุปของโครงงานบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ | 2.45 | 81.7 | ปานกลาง |
| **เฉลี่ย** | **2.41** | **80.3** | **ปานกลาง** |

จากตาราง 11 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit การนำเสนอ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.41 คิดเป็นร้อย 80.3 ของทั้งหมด โดยผลการประเมิน มากที่สุด คือ ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอมีผลการประเมินอยู่ในระดับสูงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.55 คิดเป็นร้อยละ 85.0 ของทั้งหมด และการประเมินที่น้อยที่สุด คือ ความสมบูรณ์ของข้อมูล มีผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลางค่าเฉลี่ย ( $\overline{X}$) ทั้งหมด 2.30 คิดเป็นร้อยละ 76.7 ของทั้งหมด

**ตาราง 13** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน ผลงานจากการทำชิ้นงาน

| รายการที่ต้องประเมิน | $\bar{X}$ | ร้อยละ (%) | ผลการประเมิน (n = 20) |
|---|---|---|---|
| **6. ผลงานจากการทำชิ้นงาน** | | | |
| 6.1 เนื้อหาสมบูรณ์ครบถ้วน เข้าใจง่าย | 2.75 | 91.7 | สูง |
| 6.2 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | 2.30 | 76.7 | ปานกลาง |
| 6.3 ส่งงานตรงเวลา | 2.35 | 78.3 | ปานกลาง |
| 6.4 สะอาด เรียบร้อย สวยงาม | 2.50 | 83.3 | สูง |
| **เฉลี่ย** | **2.47** | **82.3** | **ปานกลาง** |

จากตาราง 12 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ผลงานจากการทำชิ้นงาน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ทั้งหมด 2.47 คิดเป็นร้อย 82.3 ของทั้งหมด โดยผลการประเมิน มากที่สุด คือ เนื้อหาสมบูรณ์ครบถ้วน เข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ทั้งหมด 2.75 คิดเป็นร้อยละ 91.7 ของทั้งหมด และการประเมินที่น้อยที่สุด คือ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีผลการประเมินอยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ย( $\bar{X}$) ทั้งหมด 2.30 คิดเป็นร้อยละ 76.7 ของทั้งหมด

**ตาราง 14** ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน ภาพรวมรายด้าน

| รายการที่ต้องประเมิน | $\bar{X}$ | ร้อยละ (%) | ผลการประเมิน (n = 20) |
|---|---|---|---|
| 1. รายงานโครงงาน | 2.50 | 83.3 | สูง |
| 2. ความสำคัญของการจัดทำโครงงาน | 2.60 | 86.7 | สูง |
| 3. เนื้อหาโครงงาน | 2.44 | 81.3 | ปานกลาง |
| 4. กระบวนการทำงาน | 2.43 | 81.0 | ปานกลาง |
| 5. การนำเสนอ | 2.41 | 80.3 | ปานกลาง |
| 6. ผลงานจากการทำชิ้นงาน | 2.47 | 82.3 | ปานกลาง |
| **เฉลี่ย** | **2.47** | **82.56** | ปานกลาง |

จากตาราง 13 พบว่า ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลางค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.47 ได้คะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 82.56

# บทที่ 5

# บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีขั้นตอนในการวิจัย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

## จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2. เพื่อเปรียบเทียบความรู้เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit
4. เพื่อศึกษาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

## สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏ ดังนี้

1. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ผลการประเมินคุณภาพ แผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในภาพรวมปรากฏว่า มีผลการประเมินความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.120 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ พบว่า ระดับความเหมาะสม อยู่ในระดับ มากที่สุด

2. ผู้เรียนที่เรียนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit มีความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผู้เรียนที่เรียนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit มีทักษะ เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจากการทำชิ้นงาน มีผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลางค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ทั้งหมด 2.47 ได้คะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 82.56

**อภิปรายผล**

จากการวิจัยการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้นำเสนอการอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนจนได้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ ได้รับการประเมินคุณภาพของแผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านนั้น ในภาพรวมปรากฏว่า มีผลการประเมินความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.120 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ พบว่า ระดับความเหมาะสม อยู่ในระดับ มากที่สุด ทั้งนี้เพราะมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นลำดับขั้นตอนและมีความหลากหลายของการเรียนรู้ ยึดผู้เรียนเป็นจุดศูนย์กลาง มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและแอปพลิเคชันในการเป็นเครื่องมือในการประกอบการสอน เน้นทักษะการคิดในขั้นสูงการวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ซึ่งเหมาะกับการเรียนรู้ในปัจจุบัน ที่ให้เรียน ได้รู้ ได้ทดลองจริงด้วยตนเอง ทั้งยังฝึกการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างเพื่อนและครูผู้สอนในชั้นเรียน โดยสอดคล้องกับแนวคิด (วราพร บุญมี, 2564) การสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกับสื่อการสอนที่เป็นของจริง ร่วมทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ทดลองทำในสิ่งที่คิดผ่านการทำโครงงาน เรียนรู้การทำงานผ่านกระบวนการกลุ่ม ออกไปเรียนรู้ เก็บเกี่ยวประสบการณ์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอก หรือจัดแสดงของตนเอง จะทำให้เกิดประสบการณ์เกิดความรู้ และทักษะ

เกิดการพัฒนาตนเองและสามารถนำไปปรับใช้ในการประกอบอาชีพ และดำรงชีวิตในยุคศตวรรษที่ 21

2. ผลการเปรียบเทียบแบบทดสอบความรู้หลังเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากผลความแตกต่างของคะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 9.60 คะแนน และคะแนนหลังเรียน 17.00 คะแนนมีความแตกต่าง 7.40 แสดงให้เห็นว่า แผนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด (วสันต์ ศรีหิรัญ, 2560) ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ในกรณีศึกษาข้อมูลจากแหล่งสารสนเทศ ผ่านสื่อเทคโนโลยี ICT เพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอดของเนื้อหาและทำความเข้าใจถึงความเรื่องราวหรือเนื้อเรื่องต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือความประสงค์สิ่งใด ที่สำคัญนั้นแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไรบ้าง อีกทั้งเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถอธิบายการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนและมีเหตุมีผล สามารถนำเอาทักษะการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นนั้นไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้ในอนาคต ซึ่งผลการวิจัยที่พบนี้สอดคล้องกับงานวิจัย (ธัญพร ถานะ, 2563) ศึกษา การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพแบบใช้โครงงานเป็นฐาน (PJBL) ในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนและหลังแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าโดยวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากผลความแตกต่างของคะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.55 คะแนน และหลังเรียน 16.30 มีความแตกต่างกัน 8.75(ธัญพร ถานะ, 2563) ศึกษา การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพแบบใช้โครงงานเป็นฐาน (PJBL) ในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น พบว่า ทักษะการคิดของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (ชบาพร พิมวัน, 2563) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรมและมิวเทชัน

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 23.68คิดเป็นจำนวนร้อยละเท่ากับ 84.59 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนที่นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยเท่ากับ 20.67 คิดเป็นจำนวนร้อยละเท่ากับ 73.83 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการประเมินชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ทั้งหมด 2.47 ได้คะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 82.56 ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) นอกชั้นเรียน (Out Class Activities)

1.1) วัดความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน

1.2) แจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา

1.3) ผู้เรียนศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง

1.4) ชี้แหล่งข้อมูล

1.5 มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน

1.6 ผู้เรียนสรุปเป็นองค์ความรู้พร้อมตั้งคำถาม

2) ในชั้นเรียน (In Class Activities)

2.1) ทบทวนความรู้เดิม

2.2) กำหนดหัวข้อปัญหา/กิจกรรม

2.3) แบ่งกลุ่มผู้เรียน 4-6 คน

2.4) ผู้เรียนเลือกปัญหา/กิจกรรมที่สนใจศึกษา

2.5) ร่วมกันวางแผนและระดมสมอง

2.6) นำเสนอผลงาน

2.7) ประเมินผลงานและวัดความรู้ความเข้าใจหลังเรียน

2.8) อภิปรายและสรุปผล

สอดคล้องกับ (ปิยะวดี พงษ์สวัสดิ์ & พิริยะสุรวงศ์, 2558) การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เป็นการบูรณาการหลักการและทฤษฎีทางด้านการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Base Learning) มาสร้างเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่สามารถใช้ได้กับ

ผู้เรียนเพื่อสนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้อย่างไร้ขีดจำกัดเรื่องระยะทาง เวลาและสถานที่ด้วยตัวของผู้เรียนเอง ไม่จำเป็นต้องคอยรับจากครูแต่เพียงฝ่ายเดียว ดังนั้น การเรียนการสอนยุคใหม่ทั้งบทบาทหน้าที่และกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้เรียนและผู้สอนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจากห้องเรียนสู่โลกกว้างมีรูปแบบกิจกรรมเชิงแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวของผู้เรียน ตลอดจนใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้มากยิ่งขึ้นนักเรียนมีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนมีเวลามากขึ้นในการทำกิจกรรมต่าง สามารถสอบถามในสิ่งที่ผู้เรียนสงสัยและสนใจ สามารถฝึกกระบวนการคิด การวางแผน การแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ จนได้เป็นชิ้นงานที่เกิดจากความรู้ความเข้าใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนและสมาชิกภายในกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัย อพัชชา ช้างขวัญยืน (2560) ทำการศึกษาเรื่อง ผลการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับบ้านร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงาน รายวิชา คอมพิวเตอร์สารสนเทศขั้นพื้นฐาน สำหรับนิสิตปริญญาตรี ผลของโครงงานโดยเฉลี่ย อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ 2.35, S.D = 0.06)

**ข้อเสนอแนะ**

**ข้อเสนอแนะทั่วไป**

การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพต้องมีการสร้างความเข้าใจเป็นอย่างมาก เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถวางแผนการสอนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งผู้สอนควรจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมในบริบทของตนเอง

**ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป**

ควรศึกษาการฝึกปฏิบัติที่สามารถนำไปต่อยอดในการผลิตนวัตกรรมเชิงอุตสาหกรรมและชุมชน เพื่อเป็นการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานในอนาคต

# บรรณานุกรม


Barbara E. Walvoord, & Anderson, V. J. (1998). *Effective Grading: A Tool for Learning and Assessment*. University of Michigan.

Christine Ulina Tarigan, W. P. L. T. (2022). The Effect of Flipped Class with Project Based Learning Moodle Combined with Reeading, Questioning, and Answering (RQA) on 4C Skills. *Pendidikan Biologi*, 15(2), 82-91. https://doi.org/https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v15i2.61296

Seels, & Glasgow. (1978). *Making instructional design decisions*. Merrill.

Tursina Ratu, & Erfan, M. (2017). *The Effect of Every Circuit Simulator to Enhance Motivation and Students Ability in Analyzing Electrical Circuits* 2nd Asian Education Symposium,

V S Andrini, H Pratama, & Maduretno, T. W. (2018). *The effect of flipped classroom and project based learning model on student's critical thinking ability* Journal of Physics,

กรกนก คลังบุญคลอง. (2555). เว็บแอปพลิเคชั่นช่วยแม่ดูแลสุขภาพและบันทึกพัฒนาการของลูก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี]. กรุงเทพ.

กรรัตน์ พิพัฒน์ผล. (2557). องค์ประกอบความสำเร็จของการจัดการอาชีวะศึกษา ในสถานประกอบการขนาดใหญ่ มหาวิทยาลัยศิลปากร].

กุลิสรา จิตรชญาวณิช, นิตยา สุวรรณศรี, & และคณะ. (2565). การจัดการเรียนรู้ในยุคชีวิตวิถีใหม่สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน. *Journal of Modern Learning Development*, 7(7), 490-503.

ชบาพร พิมวัน. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับสืบเสาะหาความรู้ (5*E*) ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรมและมิวเทชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม].

ธัญพร ถานะ. (2563). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพแบบใช้โครงงานเป็ นฐาน (*PJBL)* ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี].

นำโชค วัฒนานัย, อาคม ลักษณะสกุล, พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์, & หวังสถิตย์วงษ์, ม. (2553). การศึกษาสภาพปัญหาการผลิตบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระตอมเกล้าพระนครเหนือ. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 3, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปิยะวดี พงษ์สวัสดิ์ , & พิริยะสุรวงศ์, พ. (2558). ห้องเรียนกลับด้านโดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 6, 233.

เมธา อึ่งทอง, ผดุงชัย ภู่พัฒน์, & มังคลากุล, ช. (2561). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาหลักวิชาชีพครู. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี, 12, 82-92.

วราพร บุญมี. (2564). สื่อการสอนกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น, 7(9), 373-386.

วสันต์ ศรีหิรัญ. (2560). ห้องเรียนกลับด้านกับการวิเคราะห์. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 14(65), 19-27.

วิจารณ์ พานิช. (2556). ครูเพื่อศิษย์ สร้างห้องเรียนกลับทาง. เอสอาร์พริ้นติ้งแมสโปรดักส์จำกัด.

วิทฤทธิ์ โคตรมณี , & ตรีบุณนิธิ, ก. (2565). การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Every Circuit : กรณีศึกษาเรื่องการวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน รายวิชาการวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า. วารสารอาชีวศึกษาภาคกลาง, 6(1), 34-39.

ศิริพร ชาวสุรินทร์, จินตนา เกษมศิริ, วัชราภรณ์ เชี่ยววัฒนา, สุปรีดา มณิปันตี, & ชูชาญ, แ. (2564). ผลกระทบของการระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ต่อเด็กป่วยโรคเรื้อรังและแนวทางการดูแล. วชิรสารการพยาบาล, 23(2), 97-107.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (1 ed.). วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.

สิทธิพงศ์ อินทรายุทร, & และคณะ. (2559). การพัฒนาโปรแกรมที่เน้นการฝึกและเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานตามแนวทฤษฎีการเรียรู้กลุ่มผสมผสาน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 22(1), 70-83.

สุรศักดิ์ ปาเฮ. (2556). ห้องเรียนกลับทาง : ห้องเรียนมิติใหม่ในศตวรรษที่ 21 (เอกสารประกอบการประชุมผู้บริหารโรงเรียน, Issue.

หน่วยศึกษานิเทศน์. (2559). แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน. ห้างหุ้นส่วนจำกัด สินทวีกิจ พริ้นติ้ง (สำนักงานใหญ่).

อภิวัฒน์ วงศ์กัณหา. (2565). *Google Sites* กับการนำมาใช้เพื่อการศึกษา.

https://www.starfishlabz.com/blog/783-google-sites-กับการนำมาใช้เพื่อการศึกษา

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
   ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
   สถานที่ทำงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นางสาวทิพรัตน์ กวี
   ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการ ระดับ ชำนาญการ
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
3. นายภูมิศักดิ์ วรไตรจริยา
   ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการ ระดับ ชำนาญการ
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง
4. นายวิทย์ อ้นจร
   ตำแหน่ง ครู แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ระดับ เชี่ยวชาญ (คศ. 4)
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
5. นางชัชฎาพร อ่อนกล
   ตำแหน่ง ครู แผนกวิชาสามัญสัมพันธ์ ระดับ ชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
   สถานที่ทำงาน วิทยาลัยการอาชีพศรีสำโรง

**ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

**สำหรับผู้เชี่ยวชาญ**

**แบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**
**(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

**<u>คำชี้แจง</u>**

แบบประเมินนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นของท่านโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่า มีความเหมาะสมต่อแผนการจัดการเรียนรู้และขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญบันทึกรายละเอียด ในส่วนข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุง แผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

**เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้**

| | | | |
|---|---|---|---|
| รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมากที่สุด | ให้ | 5 | คะแนน |
| รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมาก | ให้ | 4 | คะแนน |
| รายการประเมินที่มีความเหมาะสมปานกลาง | ให้ | 3 | คะแนน |
| รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อย | ให้ | 2 | คะแนน |
| รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด | ให้ | 1 | คะแนน |

เกณฑ์การประเมิน

| | | |
|---|---|---|
| 4.51 - 5.00 | หมายถึง | รายการประเมินมีความเหมาะสมมากที่สุด |
| 3.51 - 4.50 | หมายถึง | รายการประเมินที่มีความเหมาะสมมาก |
| 2.51 - 3.50 | หมายถึง | รายการประเมินที่มีความเหมาะสมปานกลาง |
| 1.51 - 2.50 | หมายถึง | รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อย |
| 1.00 - 1.50 | หมายถึง | รายการประเมินที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด |

| รายการประเมิน | ผลการประเมิน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **1. จุดประสงค์การเรียนรู้** | | | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | | | | | |
| 1.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | |
| 1.3 สามารถวัด/ประเมินผลได้ | | | | | |
| **2. สาระสำคัญ** | | | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ชัดเจน เข้าใจง่าย | | | | | |
| 2.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน | | | | | |
| **3. สาระการเรียนรู้** | | | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 3.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ | | | | | |
| 3.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน | | | | | |
| 3.4 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน | | | | | |
| **4. เนื้อหา** | | | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 4.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | | | | | |
| 4.3 เหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน | | | | | |
| **5. กิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | | | | | |
| 5.2 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | | | | | |
| 5.3 เร้าความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ | | | | | |
| 5.4 เหมาะสมกับระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ | | | | | |
| 5.5 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม | | | | | |
| **6. สื่อ / แหล่งเรียนรู้** | | | | | |
| 6.1 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน | | | | | |
| 6.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรม | | | | | |

| รายการประเมิน | ผลการประเมิน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 6.3 เร้าความสนใจต่อผู้เรียน | | | | | |
| **7. การวัดและประเมินผล** | | | | | |
| 7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 7.3 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้ | | | | | |
| 7.4 วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ | | | | | |
| 7.5 เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมกับผู้เรียน | | | | | |

**แบบทดสอบความรู้เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

**จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว**

1. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า

ก. ไฟฉาย ข. หลอดไฟ

ค. สายไฟ ง. แบตเตอรี่

2. ไฟฟ้ากระแสตรงมีลักษณะอย่างไร

ก. มีการสลับขั้วตลอดเวลา ข.ขั้วบวกและขั้วลบที่แน่นอน

ค. ไม่สามารถไหลไปตามตัวนำได้ ง. ใช้ในระบบแสงสว่างเท่านั้น

3. ข้อใดเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ก. ไดนาโม ข. กังหันลม

ค. เจนเนอเรเตอร์ ง. ถ่านไฟฉาย

4. หน่วยปริมาณไฟฟ้า ข้อใดถูกต้อง

ก. 1 kA = 1 x $10^{3}$ A ข. 1 A = 1 x $10^{-3}$ mA

ค. 1 MA = 1 x $10^{6}$ mA ง. 1,000 μA = 1 x $10^{-3}$ mA

5. ถ้าเปลี่ยนปริมาณกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.035588 A ให้เป็นหน่วยขนาดเล็กกว่า คือข้อใด

ก. 35.588 μA ข. 35.588 mA

ค. 355.88 μA ง. 355.88 mA

6. หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ขนาด 1200 W จงคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์นี้

ก. 1.83 A ข. 0.183 A

ค. 5.45 A ง. 0.54 A

7. ความต้านทานรวม ($R_T$) ของการต่อความต้านทานแบบอนุกรม คือ ข้อใด

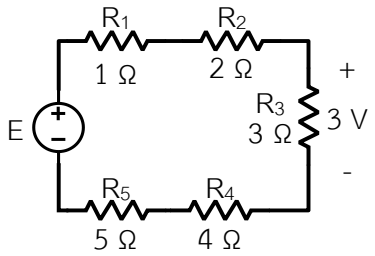
ก. เท่ากับความต้านทานทุกตัวรวมกัน

ข. เท่ากับตัวที่น้อยที่สุด

ค. เท่ากับตัวที่มากที่สุด

ง. เท่ากับครึ่งหนึ่งของตัวที่มากที่สุด

จาก วงจรในรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 8 - 9




รูปที่ 1 สำหรับคำถามข้อ 8 - 9

8. จากวงจรในรูปที่ 1 E มีค่าเท่าใด

ก. 15 V ข. 10 V

ค. 12 V ง. 20 V

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_5$ มีค่าเท่าใด

ก. 2 A ข. 1 A

ค. 500 mA ง. 800 mA

10. ความต้านทานรวม ($R_T$) ของการต่อความต้านทานแบบขนานมีลักษณะตามข้อใด

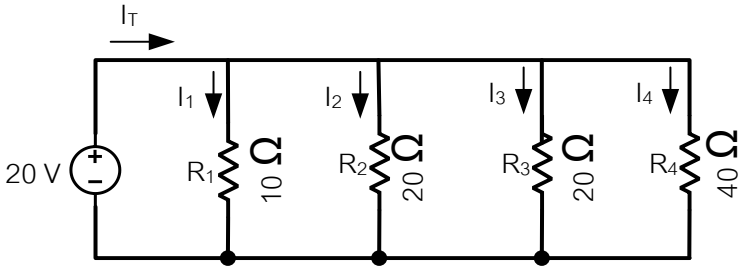
ก. เท่ากับตัวที่น้อยที่สุด

ข. มีค่าน้อยกว่าตัวที่น้อยที่สุดที่นำมาต่อขนานกัน

ค. เท่ากับตัวที่มากที่สุด

ง. เท่ากับครึ่งหนึ่งของตัวที่น้อยที่สุด

จากวงจรในรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 11 - 12




**รูปที่ 2** สำหรับคำถามข้อ 11 - 12

11. ค่าความต้านทานรวม $R_T$ มีค่าเท่าใด

ก. 8.4 Ω ข. 20 Ω

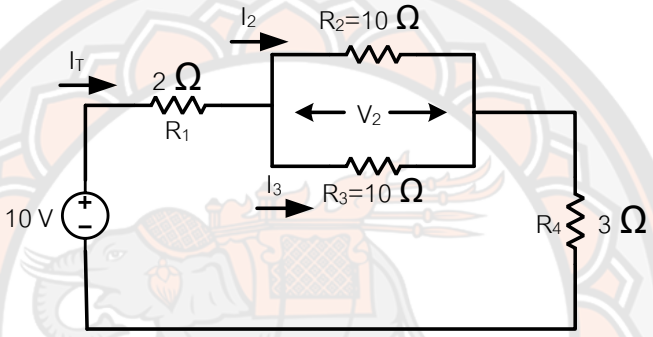
ค. 12.4 Ω ง. 4.4 Ω

12. กระแสไฟฟ้า $I_4$ มีค่าเท่าใด

ก. 0.5 A ข. 2 A

ค. 3.5 A ง. 3 A

จากวงจรในรูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถามข้อ 13 - 15




**รูปที่ 3** ใช้สำหรับคำถามข้อ 13 - 15

13. ค่าความต้านทานรวม $R_T$ มีค่าเท่าใด

ก. 15 Ω ข. 25 Ω

ค. 10 Ω ง. 5 Ω

14. แรงดันไฟฟ้า $V_2$ มีค่าเท่าใด

ก. 1 V ข. 3 V

ค. 5 V ง. 7 V

15. กระแสไฟฟ้า $I_2$ มีค่าเท่าใด

ก. 200 mA ข. 500 mA

ค. 600 mA ง. 1 A

16. คำกล่าวที่ว่า จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรไฟฟ้านั้น แต่เปลี่ยนแปลงเป็นส่วนกลับกับค่าความต้านทานไฟฟ้าในวงจร เป็นคำกล่าวของข้อใด

ก. ศักย์ไฟฟ้า ข. กำลังไฟฟ้า

ค. กฎของโอห์ม ง. พลังงานไฟฟ้า

17. ถ้าปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากเดิมเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความต้านทานในวงจรมีค่าคงที่ กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น ข. เพิ่มขึ้น 2 เท่า

ค. ลดลง ง. ลดลง 2 เท่า

18. ถ้าปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าลดลงเป็น 2 เท่า โดยความต้านทานในวงจรมีค่าคงที่ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร

ก. ลดลง 2 เท่า ข. คงที่

ค. ลดลง ง. เพิ่มขึ้น

19. ตัวต้านทานค่า 1.5 kΩ จำนวน 2 ตัว ต่ออนุกรมกันและต่อกับแหล่งจ่ายไฟตรง 1.5 V ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานตัวแรก 0.5 mA กระแสไฟฟ้าในข้อใดที่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่สอง

ก. 1.0 mA ข. 1.5 mA

ค. 2.0 mA ง. 0.5 mA

20. ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดมีค่าคงที่ ปรับค่าความต้านทานให้เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร

ก. ลดลง 2 เท่า ข. ลดลง

ค. คงที่ ง. เพิ่มขึ้น

**แบบประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับข้อสอบ** (IOC)

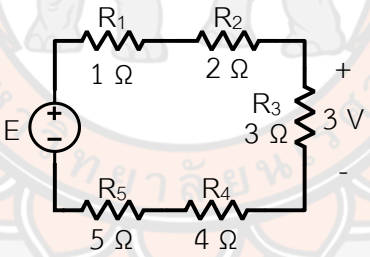
**<u>คำชี้แจง</u>** ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาพิจารณาข้อสอบว่าตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยการทำ "✓" ลงในช่องว่าง ตามระดับคะแนนดังนี้

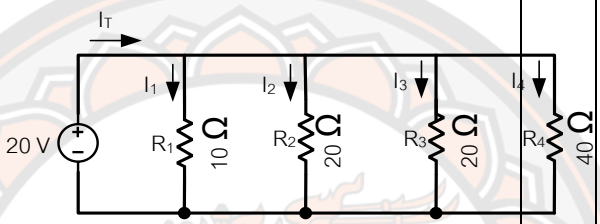
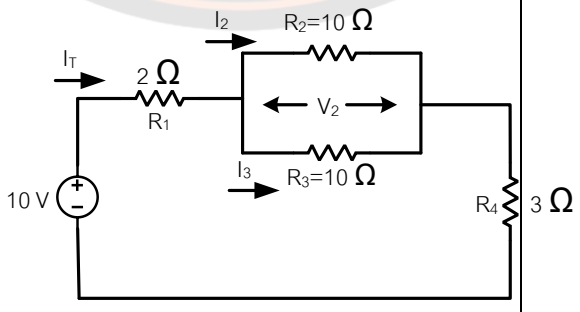
ระดับคะแนน +1 หมายถึง ตรงตามวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

| วัตถุประสงค์ | แบบทดสอบ | ระดับการพิจารณา | | | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0 | -1 | |
| บอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าได้ | 1. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า<br>ก. ไฟฉาย ข. หลอดไฟ<br>ค. สายไฟ ง. แบตเตอรี่ | | | | |
| บอกคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดของไฟฟ้ากระแสตรงได้ | 2. ไฟฟ้ากระแสตรงมีลักษณะอย่างไร<br>ก. มีการสลับขั้วตลอดเวลา<br>ข.ขั้วบวกและขั้วลบที่แน่นอน<br>ค. ไม่สามารถไหลไปตามตัวนำได้<br>ง. ใช้ในระบบแสงสว่างเท่านั้น | | | | |
| | 3. ข้อใดเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง<br>ก. ไดนาโม ข. กังหันลม<br>ค. เจนเนอเรเตอร์ ง. ถ่านไฟฉาย | | | | |
| แสดงวิธีแปลงหน่วยปริมาณไฟฟ้าได้ | 4. หน่วยปริมาณไฟฟ้า ข้อใดถูกต้อง<br>ก. 1 kA = $1 \times 10^{3}$ A<br>ข. 1 A = $1 \times 10^{-3}$ mA<br>ค. 1 MA = $1 \times 10^{6}$ mA<br>ง. 1,000 μA = $1 \times 10^{-3}$ mA | | | | |
| | 5. ถ้าเปลี่ยนปริมาณกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.035588 A ให้เป็นหน่วยขนาดเล็กกว่า คือข้อใด<br>ก. 35.588 μA ข. 35.588 mA | | | | |

| วัตถุประสงค์ | แบบทดสอบ | ระดับการพิจารณา | | | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0 | -1 | |
| | ค. 355.88 μA ง. 355.88 mA | | | | |
| คำนวณหากระแสไฟฟ้าได้ | 6. หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ขนาด 1200 W จงคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์นี้<br>ก. 1.83 A ข. 0.183 A<br>ค. 5.45 A ง. 0.54 A | | | | |
| อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม | 7. ความต้านทานรวม ($R_T$) ของการต่อความต้านทานแบบอนุกรม คือ ข้อใด<br>ก. เท่ากับความต้านทานทุกตัวรวมกัน<br>ข. เท่ากับตัวที่น้อยที่สุด<br>ค. เท่ากับตัวที่มากที่สุด<br>ง. เท่ากับครึ่งหนึ่งของตัวที่มากที่สุด | | | | |
| วิเคราะห์หาค่าความต้านทานรวม กระแสและแรงดันไฟฟ้า ในวงจรอนุกรมได้ |  <br>รูปที่ 1 สำหรับคำถามข้อ 8 - 9<br>8. จากวงจรในรูปที่ 1 E มีค่าเท่าใด<br>ก. 15 V ข. 10 V<br>ค. 12 V ง. 20 V<br>9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_5$ มีค่าเท่าใด<br>ก. 2 A ข. 1 A<br>ค. 500 mA ง. 800 mA | | | | |
| อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัว | 10. ความต้านทานรวม ($R_T$) ของการต่อความต้านทานแบบขนานมีลักษณะตามข้อใด | | | | |

| วัตถุประสงค์ | แบบทดสอบ | ระดับการพิจารณา | | | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0 | -1 | |
| ต้านทานแบบขนาน | ก. เท่ากับตัวที่น้อยที่สุด<br>ข. มีค่าน้อยกว่าตัวที่น้อยที่สุดที่นำมาต่อขนานกัน<br>ค. เท่ากับตัวที่มากที่สุด<br>ง. เท่ากับครึ่งหนึ่งของตัวที่น้อยที่สุด | | | | |
| วิเคราะห์หาค่าความต้านทานรวม กระแสและแรงดันไฟฟ้า ในวงจรขนานได้ |  <br>รูปที่ 2 สำหรับคำถามข้อ 11 - 12<br>11. ค่าความต้านทานรวม $R_T$ มีค่าเท่าใด<br>ก. 8.4 Ω ข. 20 Ω<br>ค. 12.4 Ω ง. 4.4 Ω<br>12. กระแสไฟฟ้า $I_4$ มีค่าเท่าใด<br>ก. 0.5 A ข. 2 A<br>ค. 3.5 A ง. 3 A | | | | |
| วิเคราะห์หาค่าความต้านทานรวม กระแสและแรงดันไฟฟ้า ในวงจรผสมได้ |  <br>รูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถามข้อ 13 - 15<br>13. ค่าความต้านทานรวม $R_T$ มีค่าเท่าใด<br>ก. 15 Ω ข. 25 Ω | | | | |

| วัตถุประสงค์ | แบบทดสอบ | ระดับการพิจารณา | | | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0 | -1 | |
| | ค. 10 Ω ง. 5 Ω<br>14. แรงดันไฟฟ้า $V_2$ มีค่าเท่าใด<br>ก. 1 V ข. 3 V<br>ค. 5 V ง. 7 V<br>15. กระแสไฟฟ้า $I_2$ มีค่าเท่าใด<br>ก. 200 mA ข. 500 mA<br>ค. 600 mA ง. 1 A | | | | |
| บอกคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าได้ | 16. คำกล่าวที่ว่า จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรไฟฟ้านั้น แต่เปลี่ยนแปลงเป็นส่วนกลับกับค่าความต้านทานไฟฟ้าในวงจร เป็นคำกล่าวของข้อใด<br>ก. ศักย์ไฟฟ้า ข. กำลังไฟฟ้า<br>ค. กฎของโอห์ม ง. พลังงานไฟฟ้า | | | | |
| อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและกระแสไฟฟ้า | 17. ถ้าปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากเดิมเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความต้านทานในวงจรมีค่าคงที่กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร<br>ก. เพิ่มขึ้น ข. เพิ่มขึ้น 2 เท่า<br>ค. ลดลง ง. ลดลง 2 เท่า | | | | |
| อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและแรงดันไฟฟ้า | 18. ถ้าปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าลดลงเป็น 2 เท่า โดยความต้านทานในวงจรมีค่าคงที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร<br>ก. ลดลง 2 เท่า ข. คงที่ | | | | |

| วัตถุประสงค์ | แบบทดสอบ | ระดับการพิจารณา | | | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0 | -1 | |
| | ค. ลดลง ง. เพิ่มขึ้น | | | | |
| สามารถอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ | 19. ตัวต้านทานค่า 1.5 kΩ จำนวน 2 ตัว ต่ออนุกรมกันและต่อกับแหล่งจ่ายไฟตรง 1.5 V ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานตัวแรก 0.5 mA กระแสไฟฟ้าในข้อใดที่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่สอง<br>ก. 1.0 mA ข. 1.5 mA<br>ค. 2.0 mA ง. 0.5 mA | | | | |
| อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและกระแสไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าคงที่ได้ | 20. ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดมีค่าคงที่ ปรับค่าความต้านทานให้เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร<br>ก. ลดลง 2 เท่า ข. ลดลง<br>ค. คงที่ ง. เพิ่มขึ้น | | | | |

**แบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนแสดงวิธีทำและวิเคราะห์การแก้โจทย์ปัญหา ตามขั้นตอนที่กำหนดให้

**ข้อ 1.** ลวดความต้านทานเส้นหนึ่ง เมื่อนำมาต่อกับเซลล์ไฟฟ้ามีกระแสไหลผ่านลวดความต้านทาน 0.6 แอมแปร์ และมีค่าความต่างศักย์ที่ปลายลวดทั้งสองของความต้านทาน 3 โวลต์ จงหาความต้านทานของเส้นลวดนี้

**<u>วิธีทำ</u>**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

.....

.....

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

.....

.....

**1.3 วาดภาพประกอบ**

**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

.....

.....

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**

.....

.....

.....

**ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**

.....

.....

**ข้อ 2**. ลวดต้านทาน 2 เส้น มีความต้านทาน 15 Ω และ 30 Ω ซึ่งต่อกันแบบอนุกรม เมื่อต่อความต้านทานเข้ากับความต่างศักย์แล้ววัดค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของเส้น 30 Ω มีค่า 60 โวลต์ จงคำนวณหาความต้านทานรวมของลวดต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละเส้น

**<u>วิธีทำ</u>**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

**1.3 วาดภาพประกอบ**

**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**

**ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**

**ข้อ 3.** เซลล์ฟฟ้า 4 เซลล์ มีความต้านทาน 2 Ω, 3 Ω, 4 Ω และ 5 Ω ตามลำดับ นำมาต่อกันแบบขนานระหว่างจุด 2 จุด จงคำนวณหาความต้านทานรวมของลวดเซลล์ไฟฟ้า

**วิธีทำ**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

**1.3 วาดภาพประกอบ**

**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**

**ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**

**ข้อ 4.** นำลวดความต้านทาน 4 เส้นมาต่อกันระหว่างจุด A ถึง B โดยลวดความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω ต่อกันแบบขนาน สำหรับลวดความต้านทาน 4 Ω ต่อจากจุด A ไปหาลวดความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω ส่วนลวดความต้านทาน 6 Ω ต่อจากลวดความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω ไปยังจุด B จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A ถึง B จะมีค่าเท่าใด

**วิธีทำ**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

**1.3 วาดภาพประกอบ**

**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**

**ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**

**ข้อ 5.** ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของลวดโลหะเส้นหนึ่งวัดได้ 5.25 โวลต์ วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดโลหะนี้ได้ 0.15 แอมแปร์ ลวดโลหะเส้นนี้จะมีความต้านทานเท่าไร

**<u>วิธีทำ</u>**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

**1.3 วาดภาพประกอบ**

**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**

# แบบประเมินคุณภาพความเที่ยงตรง IOC
# (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

**ชื่อเครื่องมือ** : แบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**ผู้วิจัย** : นางสาวฐิฌาภรณ์ ไฝ่ทอง

**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร.กอบสุข คงมนัส

**วัตถุประสงค์**

เพื่อศึกษาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**คำชี้แจง**

แบบประเมินครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องข้อคำถามกับองค์ประกอบการเรียนรู้ ซึ่งจะครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ที่ต้องการวัดตามแนวคิดของบลูม ได้แก่ 1) การคิดวิเคราะห์ด้านความสำคัญ, 2) การคิดวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์ 3) การคิดวิเคราะห์ด้านหลักการ ขอให้ท่านพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ในแต่ละข้อ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน และขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญโปรดบันทึกรายละเอียด

เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ถ้าข้อคำถามวัดได้ตรงวัตถุประสงค์ | ให้ | +1 | คะแนน |
| ถ้าไม่แน่ใจข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงวัตถุประสงค์ | ให้ | 0 | คะแนน |
| ถ้าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงวัตถุประสงค์ | ให้ | -1 | คะแนน |

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |

**ข้อ** 1. ลวดความต้านทานเส้นหนึ่ง เมื่อนำมาต่อกับเซลล์ไฟฟ้ามีกระแสไหลผ่านลวดความต้านทาน 0.6 แอมแปร์ และมีค่าความต่างศักย์ที่ปลายลวดทั้งสองของความต้านทาน 3 โวลต์ จงหาความต้านทานของเส้นลวดนี้

**<u>วิธีทำ</u>**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

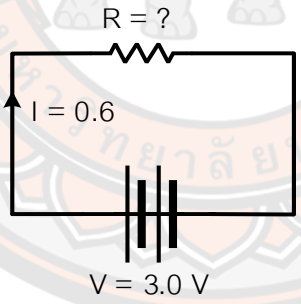
- ลวดความต้านทานเส้นหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 0.6 แอมแปร์ (I = 0.6 A)

- ลวดความต้านทานมีค่าความต่างศักย์ที่ปลายลวดทั้งสอง 3.0 โวลต์ (V = 3.0 V)

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

จงหาความต้านทานของเส้นลวดนี้

**1.3 วาดภาพประกอบ**




**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

สูตรคำนวณ $R=\frac{V}{I}$

กำหนดให้ R = ความต้านทาน โจทย์ต้องการทราบ

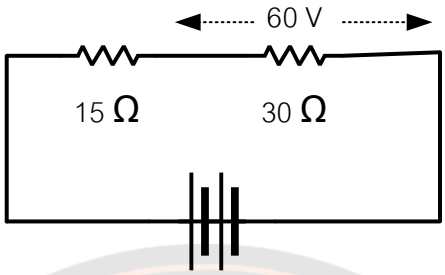
V = ความต่างศักย์ จากโจทย์ที่กำหนดให้ 3.0 โวลต์

I = กระแสไฟฟ้า จากโจทย์กำหนดให้ = 0.6 แอมแปร์

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน** (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |
| สูตรคำนวณ $R=\frac{V}{I}$<br>แทนค่า $R=\frac{3.0}{0.6}$<br>R = 5 โอห์ม<br>**ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**<br>สูตรคำนวณ $R=\frac{V}{I}$<br>แทนค่า $5=\frac{3.0}{0.6}$<br>ดังนั้น ความต้านทานของเส้นลวดนี้ 5 โอห์ม<br><u>ตอบ</u> ความต้านทานของเส้นลวดนี้ 5 โอห์ม | | | |
| **ข้อ 2.** ลวดต้านทาน 2 เส้น มีความต้านทาน 15 Ω และ 30 Ω ซึ่งต่อกันแบบอนุกรม เมื่อต่อความต้านทานเข้ากับความต่างศักย์แล้ววัดค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของเส้น 30 Ω มีค่า 60 โวลต์ จงคำนวณหาความต้านทานรวมของลวดต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละเส้น<br>**<u>วิธีทำ</u>**<br>**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**<br>**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**<br>ก. ลวดความต้านทาน 2 เส้น มีความต้านทาน 15 โอห์ม และ 30 โอห์ม $R_1$ = 15 Ω, $R_2$ = 30 Ω<br>ข. ต่อกันแบบอนุกรม<br>ค. วัดค่าความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองของลวดความต้านทาน 30 โอห์ม มีค่า 60 โวลต์ (V = 60 V)<br>**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**<br>ก. ความต้านทานรวมของกลุ่มลวดต้านทาน<br>ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละเส้น<br>**1.3 วาดภาพประกอบ** | | | |

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |




**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

ก. สูตรคำนวณความต้านทานรวม $R_{รวม} = R_1 + R_2 + \ldots$

ข. สูตรคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดแต่ละเส้น $I = \frac{V}{R}$

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน** (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)

ก. สูตรคำนวณความต้านทานรวม $R_{รวม} = R_1 + R_2$

แทนค่า $= 15 + 30$

$= 45\ \Omega$

ข. สูตรคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดแต่ละเส้น $I = \frac{V}{R}$

เส้น 30 $\Omega$ แทนค่า $I = \frac{60}{30} = 2$ A ดังนั้น กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานเส้นลวด

เส้น 15 $\Omega$ ในวงจรนี้ต้องมีค่า 2 A ด้วย (การต่อแบบอนุกรมกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านต้านทานเท่ากัน)

**ขั้นที่ 4. ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**

ก. สูตรคำนวณความต้านทานรวม $R_{รวม} = R_1 + R_2$

$45 = 15 + 30$

ดังนั้น ความต้านทานรวมของเส้นลวดนี้ 45 $\Omega$

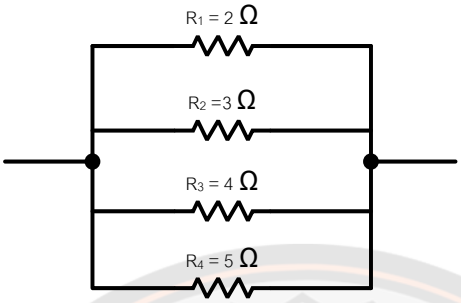
**<u>ตอบ</u>** ความต้านทานรวมของเส้นลวดนี้ 45 $\Omega$

ข. สูตรคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดแต่ละเส้น $I = \frac{V}{R}$

เส้น 15 $\Omega$ แทนค่า $I = \frac{30}{15}$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวด 15 $\Omega$ = 2 A

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |
| **ตอบ** กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวด 15 $\Omega$<br>เส้น 30 $\Omega$ แทนค่า V = I x R = 2 x 30<br>V = 60 V<br>ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวด 30 $\Omega$ = 2A<br>**ตอบ** กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวด 10 $\Omega$ = 2 A<br>เส้น 20 $\Omega$ แทนค่า $2 = \frac{V}{10}$<br>V = 40 V<br>ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวด 20 $\Omega$ = 2 A<br>**ตอบ** กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวด 20 $\Omega$ = 2 A | | | |
| **ข้อ 3.** เซลล์ไฟฟ้า 4 เซลล์ มีความต้านทาน 2 $\Omega$, 3 $\Omega$, 4 $\Omega$ และ 5 $\Omega$ ตามลำดับ นำมาต่อกันแบบขนานระหว่างจุด 2 จุด จงคำนวณหาความต้านทานรวมของเซลล์ไฟฟ้า<br>**วิธีทำ**<br>**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**<br>**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**<br>ก. เซลล์ไฟฟ้า 4 เซลล์ มีความต้านทาน 2 $\Omega$, 3 $\Omega$, 4 $\Omega$ และ 5 $\Omega$, $R_1$ = 2 $\Omega$, $R_2$ = 3 $\Omega$ , $R_3$ = 4 $\Omega$, $R_4$ = 5 $\Omega$<br>ข. ต่อกันแบบขนาน<br>**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**<br>ก. ความต้านทานรวมของกลุ่มลวดต้านทาน<br>**1.3 วาดภาพประกอบ** | | | |

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |
|  <br>**ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**<br>สูตรคำนวณความต้านทานรวมการต่อแบบขนาน $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$<br>**ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**<br>สูตรคำนวณความต้านทานรวมการต่อแบบขนาน $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$<br>แทนค่า $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} = \frac{77}{60}$<br>$R_{รวม} = \frac{60}{77} = 0.78\ \Omega$<br>**ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**<br>จากสูตร $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$<br>แทนค่า $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} = \frac{77}{60}$<br>$R_{รวม} = \frac{60}{77} = 0.78\ \Omega$<br>ดังนั้น ความต้านทานรวม 0.78 โอห์ม<br>**ตอบ** ความต้านทานรวม 0.78 โอห์ม | | | |
| **ข้อ 4.** นำลวดความต้านทาน 4 เส้นมาต่อกันระหว่างจุด A ถึง B โดยลวดความต้านทาน 2 $\Omega$ และ 3 $\Omega$ ต่อกันแบบขนาน สำหรับลวดความต้านทาน 4 $\Omega$ ต่อจากจุด A ไปหาลวดความต้านทาน 2 $\Omega$ และ3 $\Omega$ ส่วนลวดความต้านทาน 6 $\Omega$ ต่อจากลวดความต้านทาน 2 $\Omega$ และ 3 $\Omega$ ไปยังจุด B จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A ถึง B จะมีค่าเท่าใด | | | |

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |

**<u>วิธีทำ</u>**

**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**

**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**

ก. ลวดความต้านทาน 4 เส้น มาต่อกันระหว่างจุด A-B

ข. ลวดความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω ต่อกันแบบขนาน

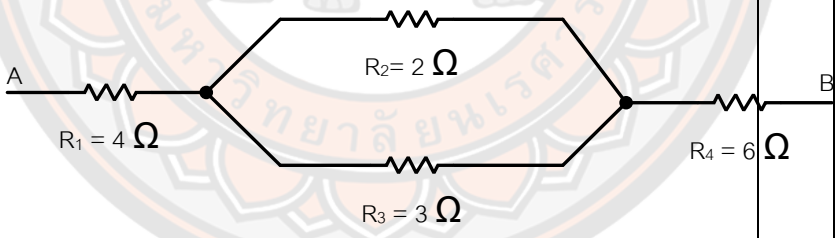
ค. ลวดความต้านทาน 4 Ω ต่อจากจุด A ไปหาลวดความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω

ง. ลวดความต้านทาน 6 Ω ต่อจากลวดความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω ไปยังจุด B

**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**

ค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A ถึง B

**1.3 วาดภาพประกอบ**




**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**

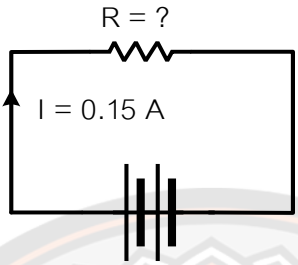
ก. คำนวณความต้านทานรวม $\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ (การต่อความต้านทานแบบขนาน)

ข. คำนวณความต้านทานรวมจาก A - B การต่อความต้านทานแบบอนุกรม $R_T = R_1 + R_{T1} + R_4$

**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**

ก. คำนวณความต้านทานรวมจาก $\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ (การต่อความต้านทานแบบขนานมีความต้านทาน 2 Ω และ 3 Ω

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |
| สูตรคำนวณความต้านทานรวมแบบขนาน $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$<br>แทนค่า $\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$<br>$= \frac{3+2}{6}$<br>$R_{T1} = \frac{6}{5} = 1.2\ \Omega$<br>ข. คำนวณความต้านทานรวมจาก A-B การต่อความต้านทานแบบอนุกรมมีความต้านทาน 4 Ω 1.2 Ω และ 6 Ω<br>สูตรคำนวณความต้านทานรวมแบบอนุกรม $R_T = R_1 + R_{T1} + R_4$<br>$R_T = 4 + 1.2 + 6 = 11.2\ \Omega$<br>**ขั้นที่ 4. ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**<br>ก. สูตรคำนวณความต้านทานรวมแบบอนุกรม<br>$R_T = R_1 + R_{T1} + R_4$<br>$11.2\ \Omega = 4 + 1.2 + 6$<br>ดังนั้น ค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A ถึง B รวมทั้งหมด 11.2 Ω<br>**ตอบ** ค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A ถึง B รวมทั้งหมด 11.2 Ω | | | |
| **ข้อ 5.** ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของลวดโลหะเส้นหนึ่งวัดได้ 5.25 โวลต์ วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดโลหะนี้ได้ 0.15 แอมแปร์ ลวดโลหะเส้นนี้จะมีความต้านทานเท่าไร<br>**วิธีทำ**<br>**ขั้นที่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา**<br>**1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้**<br>- ลวดความต้านทานเส้นหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 0.15 แอมแปร์ (I = 0.15 A)<br>- ลวดความต้านทานมีค่าความต่างศักย์ที่ปลายลวดทั้งสอง 5.25 โวลต์ (V = 5.25)<br>**1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ**<br>ลวดโลหะเส้นนี้จะมีความต้านทานเท่าไร | | | |

| ข้อสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ | คะแนนพิจารณา | | |
|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 |
| **1.3 วาดภาพประกอบ**<br>  <br><br>**ขั้นที่ 2. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา**<br>ใช้สูตรคำนวณ $R = \frac{V}{I}$<br>กำหนดให้ R = ความต้านทาน โจทย์ต้องการทราบ<br>V = ความต่างศักย์ จากโจทย์ที่กำหนดให้ = 5.25 โวลต์<br>I = กระแสไฟฟ้า จากโจทย์ที่กำหนดให้ = 0.15 แอมแปร์<br>**ขั้นที่ 3. ดำเนินการตามแผน (แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา)**<br>สูตรคำนวณ $R = \frac{V}{I}$<br>แทนค่า $R = \frac{5.25}{0.15}$<br>R = 75 โอห์ม<br>**ขั้นที่ 4. ตรวจสอบผลลัพธ์และสรุปคำตอบปัญหา**<br>จากสูตร $R = \frac{V}{I}$<br>แทนค่า $75 = \frac{5.25}{0.15}$<br>ดังนั้น ความต้านทานของเส้นลวดนี้ 75 โอห์ม<br>**<u>ตอบ</u>** ความต้านทานของเส้นลวดนี้ 75 โอห์ม | | | |

**แบบประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์**

| ประเด็นการประเมิน | ระดับคุณภาพ | | |
|---|---|---|---|
| | **ดีมาก** (3) | **ดี** (2) | **พอใช้** (1) |
| **วิเคราะห์เนื้อหา** (ขั้นทำความเข้าใจ) | ระบุข้อมูลสำคัญ สรุปความรู้ให้เข้าใจง่าย ถูกต้อง ชัดเจน | ระบุข้อมูลสำคัญ สรุปความรู้ให้เข้าใจง่าย | ไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญและสรุปความรู้ได้ |
| **วิเคราะห์ความสัมพันธ์** (ขั้นวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา) | เชื่อมโยงความสัมพันธ์เหตุและผลที่สอดคล้องกันเป็นลำดับ ขั้นตอน ถูกต้อง ชัดเจน | เชื่อมโยงความสัมพันธ์เหตุและผลที่สอดคล้องกันเป็นลำดับขั้นตอน | ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์เหตุและผลที่สอดคล้องกันเป็นลำดับ ขั้นตอน |
| **วิเคราะห์หลักการ** (ขั้นดำเนินการตามแผน, ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์) | เชื่อมโยงสรุปความคิดรวบยอดเป็นหลักการได้ ชัดเจน ถูกต้องครบถ้วน | เชื่อมโยงสรุปความคิดรวบยอดเป็นกลักการได้ | ไม่สามารถเชื่อมโยงสรุปความคิดรวบยอดเป็นกลักการได้ |
| **ตรงต่อเวลา** | - | - | ส่งภายในเวลาที่กำหนด |

**เกณฑ์การประเมิน**

ระดับคุณภาพดี ถือว่า ผ่านเกณฑ์

**เกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพ**

ระดับคะแนน 7-10 ดีมาก

ระดับคะแนน 4-6 ดี

ระดับคะแนน 0-3 พอใช้

**ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูล**

**ตาราง 15 แสดงผลคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit เพื่อพัฒนาทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

| รายการประเมิน | $\bar{X}$ | S.D | ระดับการประเมิน |
|---|---|---|---|
| **1. จุดประสงค์การเรียนรู้** | | | |
| 1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 1.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 1.3 สามารถวัด/ประเมินผลได้ | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.733 | .278 | มากที่สุด |
| **2. สาระสำคัญ** | | | |
| 2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ชัดเจน เข้าใจง่าย | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 2.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.866 | .182 | มากที่สุด |
| **3. สาระการเรียนรู้** | | | |
| 3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 3.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.40 | .548 | มาก |
| 3.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 3.4 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.75 | .250 | มากที่สุด |
| **4. เนื้อหา** | | | |
| 4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 4.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 4.3 เหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.86 | .182 | มากที่สุด |
| **5. กิจกรรมการเรียนรู้** | | | |
| 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหา | 4.80 | .447 | มากที่สุด |

| รายการประเมิน | $\bar{X}$ | S.D | ระดับการประเมิน |
|---|---|---|---|
| 5.2 สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 5.3 เร้าความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| 5.4 เหมาะสมกับระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 5.5 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.88 | .109 | มากที่สุด |
| **6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้** | | | |
| 6.1 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 6.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรม | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 6.3 เร้าความสนใจต่อผู้เรียน | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| **7. การวัดและประเมินผล** | | | |
| 7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 7.3 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้ | 4.80 | .447 | มากที่สุด |
| 7.4 วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้ | 5.00 | .000 | มากที่สุด |
| 7.5 เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมกับผู้เรียน | 4.60 | .548 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ย** | 4.88 | .178 | มากที่สุด |
| **เฉลี่ยทั้งหมด** | 4.85 | .120 | มากที่สุด |

**ตาราง 16** แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบวัดความรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

| ข้อสอบ | คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| ข้อที่ 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 6 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 7 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 8 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 9 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 10 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 11 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 12 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 13 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 14 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 15 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 16 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 17 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 18 | 0 | +1 | +1 | 0.67 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 19 | 0 | +1 | +1 | 0.67 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 20 | 0 | +1 | +1 | 0.67 | คัดเลือกไว้ |

**ตาราง 17** คะแนนแบบทดสอบความรู้เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

| ผู้เรียนคนที่ | คะแนนทำแบบทดสอบ | | ผลต่างหลังเรียนและก่อนเรียน |
|---|---|---|---|
| | ก่อนเรียน | หลังเรียน | |
| 1 | 7 | 15 | 8 |
| 2 | 7 | 16 | 9 |
| 3 | 7 | 15 | 8 |
| 4 | 5 | 16 | 11 |
| 5 | 8 | 16 | 12 |
| 6 | 10 | 19 | 9 |
| 7 | 10 | 18 | 8 |
| 8 | 8 | 16 | 8 |
| 9 | 11 | 15 | 4 |
| 10 | 7 | 17 | 10 |
| 11 | 10 | 18 | 8 |
| 12 | 10 | 19 | 9 |
| 13 | 13 | 18 | 5 |
| 14 | 11 | 16 | 5 |
| 15 | 12 | 17 | 5 |
| 16 | 12 | 18 | 6 |
| 17 | 10 | 19 | 9 |
| 18 | 13 | 18 | 5 |
| 19 | 11 | 18 | 7 |
| 20 | 10 | 16 | 6 |

**ตาราง 18 แสดงผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน**

| ข้อสอบ | คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| ข้อที่ 1 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 2 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 3 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 4 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |
| ข้อที่ 5 | +1 | +1 | +1 | 1.00 | คัดเลือกไว้ |

**ตาราง 19 คะแนนแบบประเมินทักษะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพก่อนเรียนและหลังเรียนเมื่อสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

| ผู้เรียนคนที่ | คะแนนทำแบบทดสอบ | | ผลต่างหลังเรียนและก่อนเรียน |
|---|---|---|---|
| | ก่อนเรียน | หลังเรียน | |
| 1 | 5 | 15 | 5 |
| 2 | 10 | 16 | 6 |
| 3 | 8 | 18 | 10 |
| 4 | 9 | 15 | 6 |
| 5 | 5 | 15 | 10 |
| 6 | 5 | 15 | 10 |
| 7 | 7 | 16 | 9 |
| 8 | 7 | 17 | 10 |
| 9 | 6 | 18 | 12 |
| 10 | 8 | 19 | 11 |
| 11 | 9 | 16 | 7 |
| 12 | 11 | 15 | 4 |
| 13 | 12 | 14 | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 | 10 | 18 | 8 |
| 15 | 5 | 15 | 10 |
| 16 | 6 | 18 | 12 |
| 17 | 7 | 14 | 7 |
| 18 | 7 | 16 | 9 |
| 19 | 7 | 18 | 11 |
| 20 | 7 | 18 | 11 |

**ภาคผนวก ง แผนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน** EveryCircuit **โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

| | | |
|---|---|---|
| | **หน่วยการเรียนที่** 1 | |
| | **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20105-2002 | **ระดับชั้น** ปวช.1 |
| | **หน่วยที่** 1 วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า | **สอนครั้งที่** 1 |
| **ชื่อหน่วย** วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า | | **จำนวน** 4 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐานประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง สายตัวนำไฟฟ้าและโหลดของวงจรไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง หลอดไฟเป็นโหลดของแบตเตอรี่เพราะแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ โดยมีสายไฟตัวนำสองเส้นเป็นเส้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ต่อไปยังหลอดไฟฟ้า แล้วต่อกลับไปยังขั้วลบของแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟ ซึ่งภายในของหลอดไฟจะมีไส้หลอดที่มีค่าความต้านทานอยู่ จะทำให้ไส้หลอดร้อนเกิดแสงสว่างขึ้น

เมื่อการต่อของสายตัวนำไม่ครบสมบูรณ์คือ สายไฟตัวนำต่อจากหลอดไฟเข้าขั้วลบของแบตเตอรี่ แต่ไม่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ทำให้วงจรไฟฟ้าเปิด ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลไปยังหลอดไฟได้

ในวงจรไฟฟ้าจะมีปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน กำลังไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งจะมีการเรียกชื่อหน่วยและสัญลักษณ์แทนปริมาณทางไฟฟ้า นอกจากนี้ก็จะมีการเปลี่ยนขนาดของหน่วยปริมาณทางไฟฟ้าให้มีขนาดเล็กกว่าหรือใหญ่กว่าได้ การวัดปริมาณทางไฟฟ้าเพื่อให้รู้ว่าในวงจรไฟฟ้าปริมาณต่าง ๆ มีค่าเท่าไร โดยใช้เครื่องวัดไฟฟ้าที่มีการตั้งชื่อตามหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้าเช่นโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) ใช้วัดปริมาณของแรงดันไฟฟ้า แอมมิเตอร์ (Ammeter) ใช้วัดปริมาณของกระแสไฟฟ้า โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) ใช้วัดปริมาณของความต้านทาน เป็นต้น

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ปริมาณต่าง ๆ ที่สำคัญทางไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงประเภทต่าง ๆ หน่วยวัด สัญลักษณ์และการเปลี่ยนหน่วย

ปริมาณทางไฟฟ้าโดยใช้ชื่อประกอบหน้าหน่วย การวัดปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า การใช้เครื่องวัดไฟฟ้าวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. บอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าได้
2. บอกชื่อและหน่วยวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างน้อย 5 ปริมาณ
3. บอกคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดของไฟฟ้ากระแสตรงได้
4. บอกหน่วยและสัญลักษณ์ของปริมาณทางไฟฟ้าได้
5. เปลี่ยนขนาดของหน่วยปริมาณทางไฟฟ้าได้
6. บอกวิธีการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้
7. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าได้
8. อ่านค่าที่ได้จากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง
9. อ่านค่าที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานได้ถูกต้อง
10. เลือกย่านการวัดที่เหมาะสมกับปริมาณการวัดได้ถูกต้อง

**สาระการเรียนรู้**

1. บทนำ
2. องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า
3. ปริมาณทางไฟฟ้า
   - 3.1 ประจุไฟฟ้า
   - 3.2 กระแสไฟฟ้า
   - 3.3 แรงดันไฟฟ้า
   - 3.4 ความต้านทาน
   - 3.5 ความนำไฟฟ้า
4. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
   - 4.1 เซลล์ไฟฟ้า
   - 4.2 แบตเตอรี่
   - 4.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
   - 4.4 เซลล์แสงอาทิตย์
5. หน่วยและสัญลักษณ์

6. การวัดปริมาณทางไฟฟ้า

7. บทสรุป

8. ปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 1 การวัดปริมาณทางไฟฟ้า

**กระบวนการจัดการเรียนรู้**

วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) การจัดการเรียนนอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน โดยนำมาบูรณาการใช้ร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

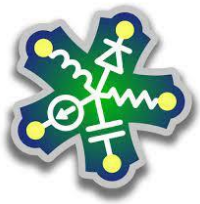
**ขั้นนอกห้องเรียน**

**ขั้นเตรียมความพร้อม** (60 นาที)

- ปฐมนิเทศ แนะนำจุดประสงค์ สาระการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียน และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้

- สร้างช่องทางการสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line)

- จากนั้นครูมอบหมายให้นักเรียนทบทวนความรู้พื้นฐานวงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยการเรียนรู้การใช้งานแอปพลิเคชัน และอุปกรณ์การใช้งานต่าง ๆ ผ่านแอปพลิเคชันเพื่อเป็นการศึกษาทบทวนความพื้นฐานก่อนการใช้งาน



- ครูแนะนำวิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน EveryCircuit แล้วให้ผู้เรียนทดลองใช้งานโดยให้ศึกษาสัญลักษณ์ต่าง ๆ และทดลองการทำงาน

**ภาพที่ 1** ทำความรู้จักเครื่องมือ เรื่อง วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit

- ครูผู้สอนมอบหมายให้ศึกษาสัญลักษณ์ผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit ก่อนทำการต่อวงจรจริงในห้องเรียน

- กำหนดให้ส่งบันทึกการศึกษาสัญลักษณ์ผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า ผ่าน Google Site

- ให้นักเรียนศึกษาและทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การวัดปริมาณทางไฟฟ้า

การวัดปริมาณทางไฟฟ้าจะใช้เครื่องวัดไฟฟ้าที่มีการตั้งชื่อตามหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า เช่นแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นโวลต์ (Volt) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจึงเรียกว่า โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) กระแสไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยวัดเป็นแอมป์ (Amp) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าจึงเรียกว่า แอมมิเตอร์ (Ammeter) ความต้านทานมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม (Ohm) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดความต้านทานจึงเรียกว่า โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) เป็นต้น

**<u>ขั้นดำเนินการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน</u>** (PjBL)

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูได้ตั้งคำถามผ่านเกม Quizziz เพื่อนำไปสู่การลงข้อมูลสรุปและบันทึก โดยมีคำถามดังต่อไปนี้

1) แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่นักเรียนพบเห็นในปัจจุบันมีอะไรบ้าง

2) องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้ามีอะไรบ้าง

3) ค่าความแตกต่างของการวัดกับการอ่านจากตัวอุปกรณ์มีค่าความคาดเคลื่อนมากน้อยหรือไม่

- ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Google Site หน่วยที่ 1 วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า

**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วให้ศึกษาและร่วมกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง การวัดปริมาณทางไฟฟ้า จากนอกห้องเรียน

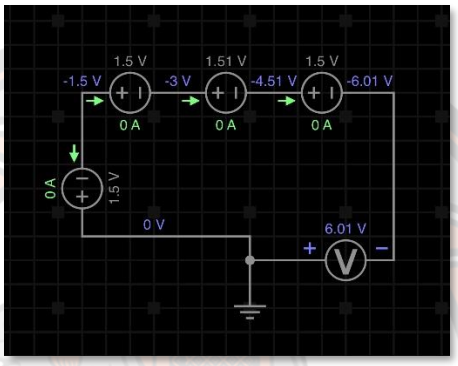
- นักเรียนแต่ละคู่ค้นคว้าหาข้อมูลจาก Google Site ร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit หนังสือเรียน รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง และข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือ โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการทำกิจกรรมมีดังนี้

1) นักเรียนเลือกตัวต้านทานมาจำนวน 5 ตัว (นักเรียนเลือกค่าความต้าทานได้) อ่านรหัสแถบสีบนตัวต้านทาน 4 แถบสีและวัดค่าความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์

2) นักเรียนคำนวณหาค่าความคาดเคลื่อนจากตัวต้านทาน 5 ตัว ว่ามีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับเท่าใด

3) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากถ่านไฟฉาย 1.5 โวลต์ จำนวน 5 ก้อน ว่ามีสภาพการใช้งานเป็นอย่างไร




4) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากถ่านไฟฉาย 9 โวลต์ จำนวน 5 ก้อน ว่ามีสภาพการใช้งานเป็นอย่างไร

5) ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง อภิปรายร่วมกัน จากนั้นส่งตัวแทนมานำเสนอการวัดปริมาณทางไฟฟ้า ถึงความแตกต่างของแต่ละชนิด

**ขั้นในชั้นเรียน**

**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** (120 นาที)

- จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยอภิปรายการวัดปริมาณทางไฟฟ้า

- หลังจากการนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมอีกครั้ง

-จากการอภิปรายของนักเรียน นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

การวัดปริมาณทางไฟฟ้าจะใช้เครื่องวัดไฟฟ้าที่มีการตั้งชื่อตามหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นโวลต์ (Volt) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจึงเรียกว่า โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) กระแสไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยวัดเป็นแอมป์ (Amp) เครื่องวัดไฟฟ้าที่

ใช้วัดกระแสไฟฟ้าจึงเรียกว่า แอมมิเตอร์ (Ammeter) ความต้านทานมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม (Ohm) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดความต้านทานจึงเรียกว่า โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) เป็นต้น

**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้** (30 นาที)

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเรื่อง วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า เพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** (60 นาที)

- ครูประเมินผลจากใบงานเรื่อง การวัดปริมาณทางไฟฟ้า เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

- ครูประเมินจากแบบทดสอบความรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้า เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

**ขั้นที่ 6 สรุป** (30 นาที)

- ผู้สอนสรุปเนื้อหาที่เรียน
- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามรวมทั้งแสดงความคิดเห็น
- มอบหมายให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนผ่านช่องทางห้องเรียนออนไลน์ Google Site หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การต่อตัวต้านทาน

| | | |
|---|---|---|
| | **หน่วยการเรียนที่** 2 | |
| | **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20105-2002 | **ระดับชั้น** ปวช.1 |
| | **หน่วยที่** 2 การต่อตัวต้านทาน | **สอนครั้งที่** 2 |
| **ชื่อหน่วย** การต่อตัวต้านทาน | | **จำนวน** 4 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

การต่อตัวต้านทาน เป็นการนำเอาความต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป มาต่อรวมกันในระหว่างจุดสองจุด โดยเริ่มตั้งแต่การต่อความต้านทานมาเรียงลำดับจากตัวที่หนึ่งตัวที่สองต่อตัวที่สามต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงตัวสุดท้าย ซึ่งเรียกการต่อแบบนี้ว่าการต่อแบบอนุกรม การต่อความต้านทานแบบขนานเป็นการนำตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวมาต่อรวมกันไว้ที่จุดสองจุด และการต่อความต้านทานแบบผสมเป็นการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานรวมกันอยู่

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการนำตัวต้านทานมาต่อเป็นวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม และคำนวณหาค่าความต้านทานรวมในระหว่างจุดสองจุดของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม และต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม และใช้มัลติมิเตอร์ย่านการวัดความต้านทานวัดความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน แบบอนุกรม-ขนานและแบบขนาน-อนุกรม

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนานและผสมได้
2. อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม-ขนานได้
3. อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน-อนุกรมได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมได้
5. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบขนานได้
6. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม-ขนานได้
7. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน-อนุกรมได้

**สาระการเรียนรู้**

1. บทนำ
2. การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม
3. การต่อตัวต้านทานแบบขนาน
4. การต่อตัวต้านทานแบบแบบผสม
5. บทสรุป
6. ปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 2 การต่อตัวต้านทาน

**กระบวนการจัดการเรียนรู้**

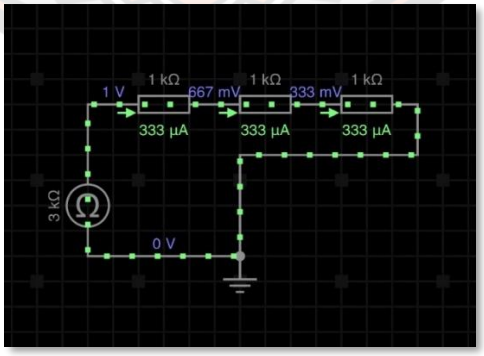
วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) การจัดการเรียนนอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน โดยนำมาบูรณาการใช้ร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ขั้นนอกห้องเรียน**

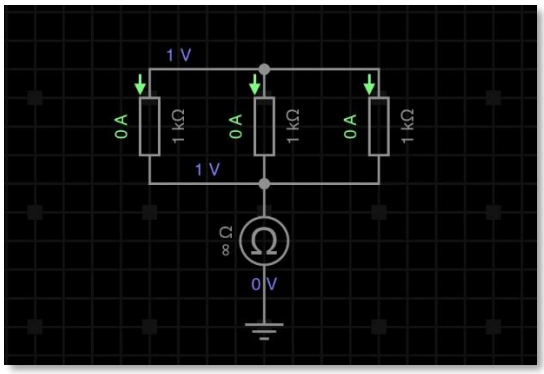
**ขั้นเตรียมความพร้อม**

- ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาใน เรื่องการต่อตัวต้านทาน จากห้องเรียนออนไลน์ Google Site และแอปพลิเคชัน EveryCircuit ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวได้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียนหรือแหล่งอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ โดยทีมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

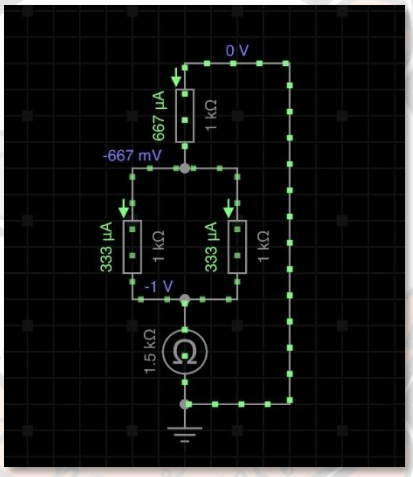
- พร้อมมอบหมายให้นักเรียนทดลองต่ออุปกรณ์ตัวต้านทานผ่าน แอปพลิเคชัน EveryCircuit จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติผ่านอุปกรณ์จริง




**ภาพที่** 2 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit




**ภาพที่ 3** การต่อตัวต้านทานแบบขนาน ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit




**ภาพที่ 3** การต่อตัวต้านทานแบบผสม ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit

- ครูผู้สอนมอบหมายให้ศึกษาผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง การต่อตัวต้านทาน ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit ก่อนทำการต่อวงจรจริงในห้องเรียน

- กำหนดให้ส่งการสรุปบันทึกผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง การต่อตัวต้านทาน ผ่าน Google Site

- ให้นักเรียนศึกษาและทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การต่อตัวต้านทาน

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการวัดและการคำนวณของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนาน และผสม

**ขั้นดำเนินการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน** (PjBL)

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูได้ตั้งคำถามผ่านเกม Quizziz เพื่อนำไปสู่การลงข้อมูลสรุปและบันทึก โดยมีคำถามดังต่อไปนี้

1) ความแตกต่างของการต่อตัวต้านทานระหว่างการต่อแบบอนุกรมขนานและผสมเป็นอย่างไร

2) ผลรวมของตัวต้านทานในการวัดและคำนวณมีค่าแตกต่างมากน้อยอย่างไร ในแต่ละชนิด

- ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Google Site หน่วยที่ 2 การต่อตัวต้านทาน

**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วให้ศึกษาและร่วมกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง การต่อตัวต้านทาน จากนอกห้องเรียน

- นักเรียนแต่ละคู่ค้นคว้าหาข้อมูลจาก Google Site หนังสือเรียน รายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือ และทำการจำลองผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการทำกิจกรรมมีดังนี้

1) นักเรียนทำการวัดและคำนวณความต้านทานรวมของวงจรอนุกรม ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

2) นักเรียนทำการวัดและคำนวณความต้านทานรวมของวงจรขนาน ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

3) นักเรียนทำการวัดและคำนวณความต้านทานรวมของวงจรผสม ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

5) ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง อภิปรายร่วมกัน จากนั้นส่งตัวแทนมานำเสนอการต่อตัวต้านทาน ถึงความแตกต่างของแต่ละชนิด

**ขั้นในชั้นเรียน**

**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** (120 นาที)

- จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยอภิปรายการต่อตัวต้านทาน

- หลังจากการนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมอีกครั้ง

-จากการอภิปรายของนักเรียน นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

แบบอนุกรม ความต้านทานรวมระหว่างจุดสองจุด จะมีค่าเท่ากับผลบวกของความต้านทานแต่ละตัวที่อยู่ระหว่างจุดสองจุดนั้น หรือกล่าวได้ว่า ความต้านทานรวมจะมีค่ามากขึ้น

แบบขนาน ค่าความต้านทานระหว่างจุดสองจุดจะมีค่าลดลง และจะมีค่าน้อยกว่าความต้านทานอันที่มีค่าน้อยที่สุดเสมอ หรือกล่าวว่า ความต้านทานรวมมีค่าลดลง

**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้** (60 นาที)

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเรื่อง การต่อตัวต้านทาน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** (30 นาที)

- ครูประเมินผลจากใบงานเรื่อง การต่อตัวต้านทาน เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

- ครูประเมินจากแบบทดสอบความรู้เรื่อง การต่อตัวต้านทาน เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

**ขั้นที่ 6 สรุป** (30 นาที)

- ผู้สอนสรุปเนื้อหาที่เรียน
- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามรวมทั้งแสดงความคิดเห็น
- มอบหมายให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนผ่านช่องทางห้องเรียนออนไลน์ Google Site หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กฎของโอห์ม

| | | |
|---|---|---|
| | **หน่วยการเรียนที่** 3 | |
| | **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 2105-2002 | **ระดับชั้น** ปวช.1 |
| | **หน่วยที่** 3 กฎของโอห์ม | **สอนครั้งที่** 4 |
| **ชื่อหน่วย** กฎของโอห์ม | | **จำนวน** 4 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ จอร์จ ไซมอน โอห์ม ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทาน และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า และจะแปรผกผันกับความต้านทาน ซึ่งเป็นสูตรในการคำนวณปริมาณทางไฟฟ้าที่ใช้มาถึงปัจจุบัน ดังนี้

$$I = \frac{E}{R}$$

$$E = IR$$

$$R = \frac{E}{I}$$

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานตามกฎของโอห์ม คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานโดยใช้กฎของโอห์ม หาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเมื่อความต้านทานมีค่าคงที่และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทานเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดมีค่าคงที่

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เมื่อความต้านทานคงที่ได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและกระแสไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าคงที่ได้
3. ใช้กฎของโอห์มคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง

4. ใช้กฎของโอห์มคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. ใช้กฎของโอห์มคำนวณหาค่าความต้านทานได้ถูกต้อง
6. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานได้
7. วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
8. เขียนความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเมื่อความต้านทานมีค่าคงที่ได้
9. เขียนความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทานเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าคงที่ได้

**สาระการเรียนรู้**

1. บทนำ
2. กฎของโอห์ม
   2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า เมื่อตัวต้านทานคงที่
   2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน เมื่อแรงดันไฟฟ้าคงที่
   2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและตัวต้านทาน
3. การคำนวณหา
   3.1 ค่ากระแสไฟฟ้า
   3.2 ค่าแรงดันไฟฟ้า
   3.3 ค่าความต้านทาน
4. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า
5. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน
6. กำลังไฟฟ้า
7. บทสรุป
8. ปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 3 กฎของโอห์ม

**กระบวนการจัดการเรียนรู้**

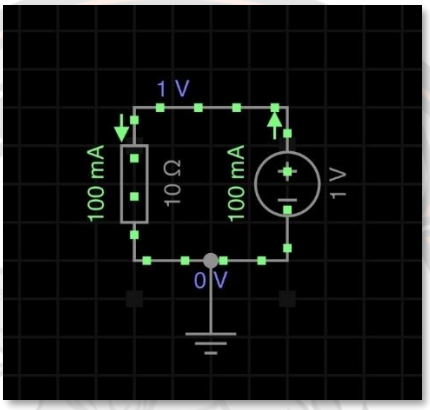
วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) การจัดการเรียนนอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน โดยนำมาบูรณาการใช้ร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ขั้นนอกห้องเรียน**

**ขั้นเตรียมความพร้อม**

- ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาใน เรื่อง กฎของโอห์ม จากห้องเรียนออนไลน์ Google Site และแอปพลิเคชัน EveryCircuit ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวได้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียนหรือแหล่งอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ โดยทีมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

- พร้อมมอบหมายให้นักเรียนทดลองต่ออุปกรณ์ เรื่องกฎของโอห์มผ่าน แอปพลิเคชัน EveryCircuit จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติผ่านอุปกรณ์จริง




**ภาพที่ 4** ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสที่ไหลในวงจร

- ครูผู้สอนมอบหมายให้ศึกษาผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง กฎของโอห์ม ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit ก่อนทำการต่อวงจรจริงในห้องเรียน

- กำหนดให้ส่งการสรุปบันทึกผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง กฎของโอห์ม ผ่าน Google Site

- ให้นักเรียนศึกษาและทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กฎของโอห์ม

**<u>ขั้นดำเนินการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน</u>** <u>(PjBL)</u>

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูได้ตั้งคำถามผ่านเกม Quizziz เพื่อนำไปสู่การลงข้อมูลสรุปและบันทึก โดยมีคำถามดังต่อไปนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไร

2) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต้านทานเป็นอย่างไร

- ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Google Site หน่วยที่ 2 การต่อตัวต้านทาน

**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วให้ศึกษาและร่วมกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง กฎของโอห์ม จากนอกห้องเรียน

- นักเรียนแต่ละคู่ค้นคว้าหาข้อมูลจาก Google Site หนังสือเรียน รายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆที่น่าเชื่อถือ และทดลองการต่อวงจรผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการทำกิจกรรมมีดังนี้

1) หาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยการวัด

2) วาดกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

3) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต้านทานด้วยการวัด

4) วาดกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต้านทาน

5) สรุปผลการทดลอง

**ขั้นในชั้นเรียน**

**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** (120 นาที)

- จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยอภิปรายกฎของโอห์ม

- หลังจากการนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมอีกครั้ง

-จากการอภิปรายของนักเรียน นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

สรุปความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทาน เป็นสมการในการหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานได้ดังนี้

$$I = \frac{E}{R}$$

$$E = IR$$

$$R = \frac{E}{I}$$

**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้** (60 นาที)

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเรื่อง กฎของโอห์ม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** (30 นาที)

- ครูประเมินผลจากใบงานเรื่อง กฎของโอห์ม เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

- ครูประเมินจากแบบทดสอบความรู้เรื่อง กฎของโอห์ม เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

**ขั้นที่ 6 สรุป** (30 นาที)

- ผู้สอนสรุปเนื้อหาที่เรียน
- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามรวมทั้งแสดงความคิดเห็น
- มอบหมายให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนผ่านช่องทางห้องเรียนออนไลน์ Google Site หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

| | หน่วยการเรียนที่ 4 | |
|---|---|---|
| | **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 2104-2202 | **ระดับชั้น** ปวช.1 |
| | **หน่วยที่** 4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม | **สอนครั้งที่** 5 |
| **ชื่อหน่วย** วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม | | **จำนวน** 4 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง สายตัวนำไฟฟ้า ตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อแบบเรียงลำดับ ทำให้เกิดเส้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าเพียงเส้นทางเดียวไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าเท่ากันทุกตัว และทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว เมื่อนำแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมารวมกัน จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดจ่ายออกมา

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม โดยใช้กฎของโอห์ม

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ค่าความต้านทานรวมและกำลังไฟฟ้า การเปิดวงจรของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม การนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่ออนุกรมกัน การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. สามารถอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
2. สามารถอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
3. สามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรได้
4. สามารถคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานได้
5. สามารถหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมได้
6. สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

7. สามารถบอกคุณสมบัติของการเปิดวงจรไฟฟ้าได้
8. สามารถหาค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
9. สามารถต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมได้ถูกต้อง
10. สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรมได้

**สาระการเรียนรู้**

1. บทนำ
2. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและการต่อวงจร
3. คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
   3.1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
   3.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน
   3.3 ค่าความต้านทานรวม
   3.4 กำลังไฟฟ้า
   3.5 ตัวอย่างการคำนวณ
4. การเปิดวงจรไฟฟ้า
5. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม
6. บทสรุป
7. ปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

**กระบวนการจัดการเรียนรู้**

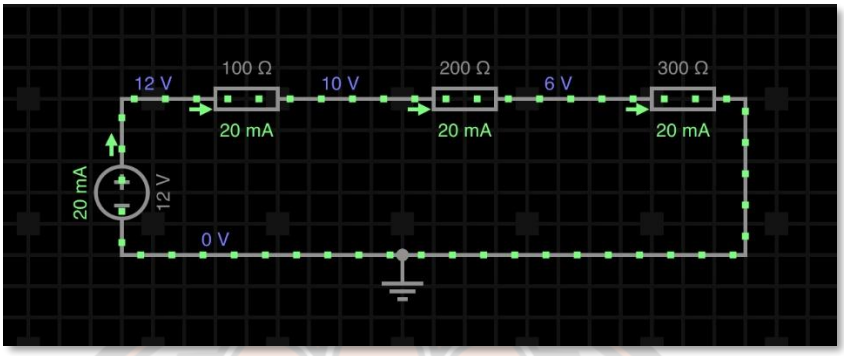
วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) โดยนำมาบูรณาการใช้ร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ขั้นนอกห้องเรียน**

**ขั้นเตรียมความพร้อม**

- ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาใน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม จากห้องเรียนออนไลน์ Google Site และแอปพลิเคชัน EveryCircuit ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวได้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียนหรือแหล่งอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ โดยทีมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

- พร้อมมอบหมายให้นักเรียนทดลองต่ออุปกรณ์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ผ่าน แอปพลิเคชัน EveryCircuit จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติผ่านอุปกรณ์จริง




**ภาพที่ 4** วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมผ่านแอปพลิเคชัน Every Circuit

- ครูผู้สอนมอบหมายให้ศึกษาผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit ก่อนทำการต่อวงจรจริงในห้องเรียน

- กำหนดให้ส่งการสรุปบันทึกผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ผ่าน Google Site

- ให้นักเรียนศึกษาและทำใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ**

- ครูได้ตั้งคำถามใน Google Site เพื่อนำไปสู่การลงข้อมูลสรุปและบันทึก โดยมีคำถามดังต่อไปนี้

1) ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร

2) ผลของการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นอย่างไร

- ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Google Site หน่วยที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา**

- ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วให้ศึกษาและร่วมกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจากนอกห้องเรียน

- นักเรียนแต่ละคู่ค้นคว้าหาข้อมูลจาก Google Site หนังสือเรียน รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง และข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆที่น่าเชื่อถือ และทดลองการต่อวงจรผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการทำกิจกรรมมีดังนี้

1) ให้นักเรียนวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

2) ให้นักเรียนวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3) สรุปผลการทดลอง

**ขั้นในชั้นเรียน**

**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** (120 นาที)

- จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยอภิปรายวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

- หลังจากการนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมอีกครั้ง

-จากการอภิปรายของนักเรียน นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เป็นการนำองค์ประกอบทางไฟฟ้ามาต่อลักษณะเรียงตาม ลำดับกัน ทำให้เกิดเส้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าเพียงเส้นทางเดียว

1) ความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเพิ่มขึ้น

2) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมมีค่าเท่ากัน

3) ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด

**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้** (60 นาที)

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** (30 นาที)

- ครูประเมินผลจากใบงานเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

- ครูประเมินจากแบบทดสอบความรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

**ขั้นที่ 6 สรุป** (30 นาที)

- ผู้สอนสรุปเนื้อหาที่เรียน
- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามรวมทั้งแสดงความคิดเห็น
- มอบหมายให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนผ่านช่องทางห้องเรียนออนไลน์ Google Site หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

| | | |
|---|---|---|
| | **หน่วยการเรียนที่** 5 | |
| | **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20105-2002 | **ระดับชั้น** ปวช.1 |
| | **หน่วยที่** 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน | **สอนครั้งที่** 6 |
| **ชื่อหน่วย** วงจรไฟฟ้าแบบขนาน | | **จำนวน** 4 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง สายตัวนำไฟฟ้า ตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป นำมาต่อรวมที่จุดสองจุดทำให้เกิดเส้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าหลายเส้นทาง มีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากันและเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด ค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะลดลงมีค่าน้อยกว่าค่าตัวต้านทานที่น้อยที่สุดที่นำมาต่อขนานกัน

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบขนานโดยใช้กฎของโอห์ม

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละสาขา แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ค่าความต้านทานรวมและกำลังไฟฟ้า การเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า การนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่อขนานกัน การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทานรวม

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. อธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้
2. อธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ถูกต้อง
3. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรได้
4. คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานได้
5. หาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบขนานได้
6. หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้
7. บอกคุณสมบัติของการลัดวงจรไฟฟ้าได้

8. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานได้
9. ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานได้ถูกต้อง
10. วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้าแบบขนานด้วยมัลติมิเตอร์ได้
11. วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบขนานด้วยมัลติมิเตอร์ได้

**สาระการเรียนรู้**

1. บทนำ
2. วงจรไฟฟ้าแบบขนานและการต่อวงจร
3. คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน
   3.1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
   3.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน
   3.3 ค่าความต้านทานรวม
   3.4 กำลังไฟฟ้า
   3.5 ตัวอย่างการคำนวณ
4. การลัดวงจรไฟฟ้า
5. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน
6. บทสรุป
7. ปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

**กระบวนการจัดการเรียนรู้**

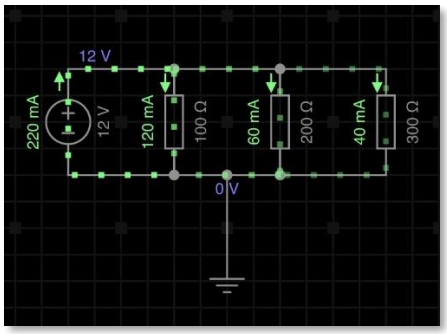
วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) การจัดการเรียนนอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน โดยนำมาบูรณาการใช้ร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ขั้นนอกห้องเรียน**

**ขั้นเตรียมความพร้อม**

- ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาใน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน จากห้องเรียนออนไลน์ Google Site และแอปพลิเคชัน EveryCircuit ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวได้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียนหรือแหล่งอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ โดยทีมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

- พร้อมมอบหมายให้นักเรียนทดลองต่ออุปกรณ์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติผ่านอุปกรณ์จริง




**ภาพที่** 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนานผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit

- ครูผู้สอนมอบหมายให้ศึกษาผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit ก่อนทำการต่อวงจรจริงในห้องเรียน

- กำหนดให้ส่งการสรุปบันทึกผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน ผ่าน Google Site

- ให้นักเรียนศึกษาและทำใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

**ขั้นดำเนินการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน** (PjBL)

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูได้ตั้งคำถามผ่านเกม Quizziz เพื่อนำไปสู่การลงข้อมูลสรุปและบันทึก โดยมีคำถามดังต่อไปนี้

1) ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เป็นอย่างไร

2) ผลของการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เป็นอย่างไร

- ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Google Site หน่วยที่ 5 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วให้ศึกษาและร่วมกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนานจากนอกห้องเรียน

- นักเรียนแต่ละคู่ค้นคว้าหาข้อมูลจาก Google Site หนังสือเรียน รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง และข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆที่น่าเชื่อถือและทดลองการต่อวงจรผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการทำกิจกรรมมีดังนี้

1) ให้นักเรียนวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

2) ให้นักเรียนวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

3) สรุปผลการทดลอง

**ขั้นในชั้นเรียน**

**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** (120 นาที)

- จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยอภิปรายวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

- หลังจากการนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมอีกครั้ง

- จากการอภิปรายของนักเรียน นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

วงจรไฟฟ้าแบบขนานคือวงจรไฟฟ้าที่นำตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อร่วมกันในระหว่างจุดสองจุด โดยต่อปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุกตัวต่อรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง และให้ปลายอีกข้างหนึ่งต่อร่วมกันอีกที่จุด ๆ หนึ่ง แล้วนำมาต่อขนานกันที่จุดขั้วบวกกับจุดขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อพิจารณาวงจรไฟฟ้าแบบขนาน จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสไฟฟ้าจะไหลตามจำนวนของตัวต้านทานที่นำมาต่อขนานกัน

**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้** (60 นาที)

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนานเพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** (30 นาที)

- ครูประเมินผลจากใบงานเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

- ครูประเมินจากแบบทดสอบความรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนานเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

**ขั้นที่ 6 สรุป** (30 นาที)

- ผู้สอนสรุปเนื้อหาที่เรียน
- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามรวมทั้งแสดงความคิดเห็น
- มอบหมายให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนผ่านช่องทางห้องเรียนออนไลน์ Google Site หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบผสม

| | หน่วยการเรียนที่ 6 | |
|---|---|---|
| | **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20105-2002 | **ระดับชั้น** ปวช.1 |
| | **หน่วยที่** 6 วงจรไฟฟ้าแบบผสม | **สอนครั้งที่** 7,8 |
| **ชื่อหน่วย** วงจรไฟฟ้าแบบผสม | | **จำนวน** 8 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

วงจรไฟฟ้าแบบผสมหมายถึงวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยวงจรอนุกรมและวงจรขนานต่อปนกันอยู่ในวงจรเดียวกัน จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนาน และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรม การคำนวณหาปริมาณทางไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบผสม ต้องพิจารณาทีละส่วนให้เหมาะสมกับตัวต้านทานที่ต่อกันอยู่ เช่นถ้าเป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนาน ให้พิจารณาคุณสมบัติของวงจรอนุกรมก่อนแล้วตามด้วยคุณสมบัติของวงจรขนานทีหลัง ถ้าเป็นวงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรม ให้พิจารณาคุณสมบัติของวงจรขนานก่อนแล้วตามด้วยคุณสมบัติของวงจรอนุกรมทีหลัง

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสมที่ประกอบด้วยวงจรอนุกรม-ขนานและวงจรขนาน-อนุกรม นำคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนานมาใช้ประกอบในการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทานรวมและกำลังไฟฟ้าด้วยกฎของโอห์ม การเขียนแผนภาพการยุบส่วนต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบผสม ปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม-ขนานและขนาน-อนุกรม การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนานและขนาน-อนุกรม

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. สามารถอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนานได้

2. สามารถอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรมได้
3. สามารถเขียนแผนภาพการวางแผนหาปริมาณทางไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบผสมได้
4. สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้าแบบผสมได้
5. สามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าแบบผสมได้
6. สามารถคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าได้
7. สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบผสมได้
8. สามารถต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมได้ถูกต้อง
9. สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรแบบผสมได้

**สาระการเรียนรู้**

1. บทนำ
2. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนาน
3. วงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรม
4. ตัวอย่างการคำนวณและการเขียนแผนภาพหาปริมาณทางไฟฟ้า
5. บทสรุป
6. ปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 6 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

**กระบวนการจัดการเรียนรู้**

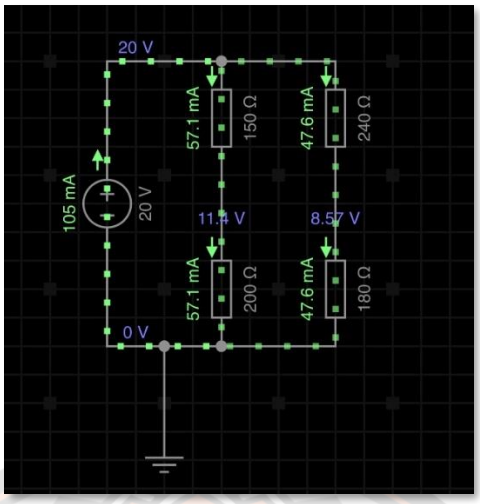
วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) การจัดการเรียนนอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน โดยนำมาบูรณาการใช้ร่วมกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit

**ขั้นนอกห้องเรียน**

**ขั้นเตรียมความพร้อม**

- ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาใน เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม จากห้องเรียนออนไลน์ Google Site และแอปพลิเคชัน EveryCircuit ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวได้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียนหรือแหล่งอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ โดยทีมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

- พร้อมมอบหมายให้นักเรียนทดลองต่ออุปกรณ์ เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ผ่าน แอปพลิเคชัน EveryCircuit จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติผ่านอุปกรณ์จริง




**ภาพที่** 5 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit

- ครูผู้สอนมอบหมายให้ศึกษาผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit ก่อนทำการต่อวงจรจริงในห้องเรียน

- กำหนดให้ส่งการสรุปบันทึกผ่านแอปพลิเคชัน เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ผ่าน Google Site

- ให้นักเรียนศึกษาและทำใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

**ขั้นดำเนินการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน** (PjBL)

**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูได้ตั้งคำถามผ่านเกม Quizziz เพื่อนำไปสู่การลงข้อมูลสรุปและบันทึก โดยมีคำถามดังต่อไปนี้

1) ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมเป็นอย่างไร

2) ผลของการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมเป็นอย่างไร

- ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก Google Site หน่วยที่ 6 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (กิจกรรมนอกชั้นเรียน)**

- ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วให้ศึกษาและร่วมกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม จากนอกห้องเรียน

- นักเรียนแต่ละคู่ค้นคว้าหาข้อมูลจาก Google Site หนังสือเรียน รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง และข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆที่น่าเชื่อถือ และทดลองการต่อวงจรผ่านแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษา

ขั้นตอนการทำกิจกรรมมีดังนี้

1) ให้นักเรียนวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

2) ให้นักเรียนวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

3) ให้นักเรียนทำการคำนวณหาค่าความต้านทานรวม

3) สรุปผลการทดลอง

**ขั้นในชั้นเรียน**

**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** (120 นาที)

- จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอกิจกรรมหน้าชั้นเรียนโดยอภิปรายวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

- หลังจากการนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมอีกครั้ง

-จากการอภิปรายของนักเรียน นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) ตัวต้านทาน $R_1$ และ $R_2$ ต่ออนุกรมกันและต่อขนานกับตัวต้านทาน $R_3$

2) กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งกำเนิดจะแบ่งออกเป็น 2 สาขาคือสาขาที่ 1 ไหลผ่านตัวต้านทาน $R_1$ และ $R_2$ มีค่าเท่ากันเพราะต่ออนุกรมกัน สาขาที่ 2 จะไหลผ่านตัวต้านทาน $R_3$

3) ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน $R_1$ และ $R_2$ มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน $R_3$ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้** (60 นาที)

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามเนื้อหาเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้

**ขั้นที่ 5 การประเมินผล** (30 นาที)

- ครูประเมินผลจากใบงานเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

- ครูประเมินจากแบบทดสอบความรู้เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ วัดทักษะการวิเคราะห์และการลงข้อสรุป โดยการตรวจให้คะแนน

**ขั้นที่ 6 สรุป** (30 นาที)

- ผู้สอนสรุปเนื้อหาที่เรียน
- ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามรวมทั้งแสดงความคิดเห็น

**แบบประเมินผลชิ้นงานวงจรไฟฟ้า**
**ของนักเรียนสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

**ชื่อกลุ่ม**.....**ชั้นปีที่**.....

**สาขาวิชา**.....

**คำชี้แจง**

ให้ผู้สอนประเมินชิ้นงาน จากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยโครงงานเป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยทำเครื่องหมาย ( ✓ ) ลงในช่องระดับการทำชิ้นงานตามความหมายของระดับประมาณค่า ดังนี้

3 หมายถึง ประเมินชิ้นงานอยู่ในระดับสูง

2 หมายถึง ประเมินชิ้นงานอยู่ในระดับปานกลาง

1 หมายถึง ประเมินชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ

| **รายการที่ต้องประเมิน** | **ระดับคะแนน** | | | **ข้อคิดเห็น** |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | |
| **1. รายงานชิ้นงาน** | | | | |
| 1.1 รูปเล่มชิ้นงานมีองค์ประกอบครบถ้วน | | | | |
| 1.2 เสร็จตามเวลาที่กำหนด | | | | |
| **2. ความสำคัญของการจัดทำชิ้นงาน** | | | | |
| 2.1 เป็นงานกลุ่ม | | | | |
| 2.2 ผู้เรียนริเริ่มเอง | | | | |
| 2.3 มีการทำงานเป็นกระบวนการกลุ่ม | | | | |
| 2.4 มีการพัฒนาตนเอง | | | | |
| 2.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | | | | |
| 2.6 มีความสอดคล้องกับเนื้อหา | | | | |
| 2.7 มีประโยชน์ในชีวิตจริง | | | | |
| **3. เนื้อหาโครงงาน** | | | | |
| 3.1 ความถูกต้องของเนื้อหา | | | | |
| 3.2 ใช้แนวคิดให้เหมาะสม | | | | |
| 3.3 ใช้ข้อมูลข่าวสารที่เหมาะสม | | | | |

| รายการที่ต้องประเมิน | ระดับคะแนน | | | ข้อคิดเห็น |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | |
| 3.4 สรุปได้เหมาะสม | | | | |
| 3.5 ขยายงานที่จะต้องทำต่อเนื่องอีกต่อไป | | | | |
| **4.กระบวนการทำงาน** | | | | |
| 4.1 วางแผนอย่างเป็นระบบ | | | | |
| 4.2 ดำเนินงานตามแผน | | | | |
| 4.3 ประเมินและปรับปรุงการดำเนินงาน | | | | |
| 4.4 ความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่ม | | | | |
| **5. การนำเสนอ** | | | | |
| 5.1 การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน | | | | |
| 5.2 ความสมบูรณ์ของข้อมูล | | | | |
| 5.3 ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอ | | | | |
| 5.4 ข้อสรุปของโครงงานบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ | | | | |
| **6. ผลงานจากการทำชิ้นงาน** | | | | |
| 6.1 เนื้อหาสมบูรณ์ครบถ้วน เข้าใจง่าย | | | | |
| 6.2 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ | | | | |
| 6.3 ส่งงานตรงเวลา | | | | |
| 6.4 สะอาด เรียบร้อย สวยงาม | | | | |

**ข้อเสนอแนะ**

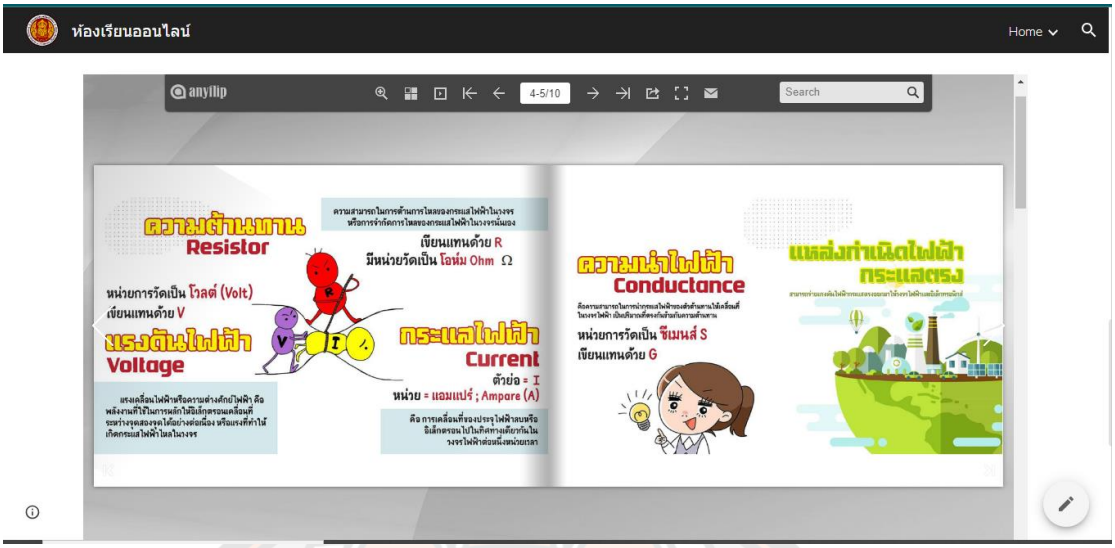
.....

.....

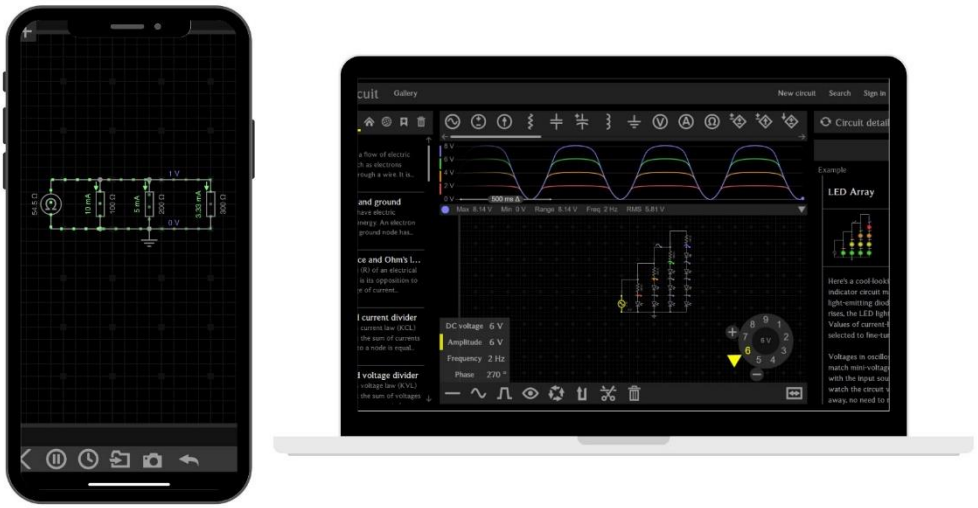
ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้ประเมิน

**ภาคผนวก จ ภาพตัวอย่างหน้าจอแบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับแอปพลิเคชัน EveryCircuit โดยใช้โครงงานเป็นฐาน**

**ภาพ** 8 แสดงภาพตัวอย่างห้องเรียนออนไลน์ Google Site




**ภาพ 8 (ต่อ)**




**ภาพ 9** ภาพตัวอย่างการใช้แอปพลิเคชัน EveryCircuit