



ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ
เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

โดย

นางสาววนิดา ภาชนะสุวรรณ

วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี อาชีวศึกษาจังหวัดชลบุรี
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้วิจัย นางสาวนิตา ภาชนะสุวรรณ

ปีที่ทำการวิจัย 2564

การจัดแผนกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ มีทักษะกระบวนการ นำความรู้และประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้ศึกษาค้นคว้ามีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) ศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ ทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และ 4) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ จำนวน 4 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.39 ถึง 0.68 มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.43 ถึง 0.93 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.83 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ จำนวน 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 ถึง 0.74 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90 4) แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างเกิดจากการซักถามของผู้ศึกษาค้นคว้าถึงผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาค้นคว้าปรากฏดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.89/84.45

2. ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ 0.6967 แสดงว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 69.67

3. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการโดยรวมอยู่ในระดับมาก

โดยสรุป แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ สามารถช่วยให้ผู้เรียน ได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มและเรียนรู้ตามขั้นตอนของการพัฒนาทักษะกระบวนการ ได้แก่ ขั้นศึกษาและวิเคราะห์ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ และขั้นประเมินและปรับปรุง ได้ฝึกปฏิบัติงาน ทั้งในฐานะผู้นำกลุ่มและสมาชิกกลุ่ม และเกิดความสามัคคีร่วมมือกันในกลุ่ม ให้การช่วยเหลือกันทำงาน ด้วยความรับผิดชอบ ขยัน มุ่งมั่น และอดทน มีความกระตือรือร้นในการเรียน กล้าคิด กล้าสอบถาม กล้าแสดงออก และทำงานได้สำเร็จลุล่วง เสร็จทันเวลา ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีพฤติกรรม มีทักษะกระบวนการ ช่วยให้ผู้เรียนมีสติ รู้จักคิดและพิจารณาสิ่งต่าง ๆ อย่างสุขุมรอบคอบ ใช้ปัญญาความสามารถคิดวิเคราะห์วางแผนการกระทำต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอน คิดใคร่ครวญการกระทำ มีการประเมินและปรับปรุงการกระทำอยู่เสมอ

คำสำคัญ : แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ , ทักษะกระบวนการ , งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ พุทธศักราช 2562.....	5
2.2 เนื้อหาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	9
2.3 ทักษะกระบวนการ.....	37
2.4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	44
2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	52
2.6 ดัชนีประสิทธิผล	53
2.7 ดัชนีประสิทธิภาพ	54
2.8 ความพึงพอใจ.....	55
2.9 การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์.....	58
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	63
3 วิธีดำเนินการวิจัย	66
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	66
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	66
3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ	67
3.4 รูปแบบการวิจัย.....	71
3.5 วิธีดำเนินการทดลอง	71
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	77
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	96
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	96
5.2 สรุปผลการวิจัย	96
5.3 อภิปรายผล	97
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	98
บรรณานุกรม	100

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (20100-1005) เป็นรายวิชาในหมวดวิชาชีพพื้นฐาน ซึ่งนักเรียนประเภทวิชาอุตสาหกรรมจะต้องเรียน โดยมีจุดประสงค์รายวิชา ดังนี้ 1. รู้เข้าใจ และนำไปใช้งานเกี่ยวกับหลักการทำงาน ระบบความปลอดภัย ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. มีทักษะเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดทดสอบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การเตรียมอุปกรณ์ ประกอบ ทดสอบวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดี ในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม และสมรรถนะรายวิชา ได้แก่ 1. แสดงหลักการวัด ทดสอบ ประกอบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นและความปลอดภัย 2. ประกอบและตรวจสอบวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 3. ต่อวงจรและอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเบื้องต้น และ 4. ต่อวงจรและตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็นวิชาชีพพื้นฐานในการเรียนของแผนกช่างไฟฟ้า แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ และแผนกช่างอื่น ๆ ต่อไป ในการสอนแต่ละครั้งผู้สอนมักประสบปัญหา คือ ผู้เรียนปฏิบัติงานประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ไม่ถูกต้อง อ่านค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานไม่ได้ อธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ถูก ประกอบชิ้นงานออกมาไม่สวยงาม ส่งผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ในระดับสูงขึ้นต่อไป

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการมีประโยชน์ต่อผู้เรียนดังนี้ ช่วยฝึกฝน สร้างเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น โดยเฉพาะการทำงานอย่างมีระบบ มีกระบวนการ สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ มีค่านิยมที่ดีในการทำงานต่อไป ถ้าครูได้ฝึกฝน และสร้างเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ บ่อยครั้ง กระบวนการต่าง ๆ ก็เกิดสะสมขึ้นภายในตัวของผู้เรียนจนเกิดเป็นกิจนิสัยในการทำงานต่อไป ทำให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่ทำงานโดยจะนึกถึงความจำเป็น ประโยชน์ และคุณค่าของงานที่มีต่อส่วนรวมก่อนที่จะลงมือทำ เป็นผู้ที่มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นที่หลากหลาย ไม่ยึดติดความคิดเดียว เป็นผู้ที่ดีตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติอย่างมีเหตุผล ไม่มีความลำเอียง เป็นผู้ที่ย่างแผนล่วงหน้าก่อนลงมือทำทุกครั้ง เป็นผู้ที่ยึดติดตามตรวจสอบผลงาน และปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้นกว่าเสมอ และผู้เรียนจะเป็นผู้ที่มีความพอใจในการทำงาน และปฏิบัติงานทุกครั้งด้วยความเอาใจใส่ อย่างสม่ำเสมอ

วงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานส่วนใหญ่จะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในการประกอบวงจรผู้เรียนจะต้องเข้าใจหลักการทำงาน และคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวก่อน จึงจะสามารถเข้าใจการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นชุดประกอบวงจรหรือชุดคิท วงจรเสียงไซเรนตำรวจ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสนใจของผู้เรียน และสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณเสียงเตือนภัยต่าง ๆ ในรถจักรยานยนต์ รถยนต์ หรือที่พกพาได้

จากปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาซึ่งผู้ศึกษาค้นคว้าสังเกตเห็นว่าผู้เรียน ยังขาดทักษะในการปฏิบัติงาน ผู้ศึกษาค้นคว้าจึงสนใจที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
4. เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สูงกว่าก่อนเรียน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านประชากร

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (20100-1005) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 20 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (20100-1005) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2562 จำนวน 4 แผน ซึ่งใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนสอนแผนละ 4 ชั่วโมง ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยดังนี้

- | | | |
|------------------------------------|------------------------|----------------|
| 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้า | จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ | เวลา 4 ชั่วโมง |
| 2.2 ตัวต้านทาน | จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ | เวลา 4 ชั่วโมง |
| 2.3 ตัวเก็บประจุ | จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ | เวลา 4 ชั่วโมง |
| 2.4 การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ | จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ | เวลา 4 ชั่วโมง |

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ทำการศึกษาค้นคว้า การทดลองครั้งนี้ใช้เวลา 16 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ได้วงจรโซเรนที่สามารถนำไปใช้เป็นวงจรเสียงสัญญาณเตือนภัยในรถจักรยานยนต์ รถยนต์ หรือที่พิกอาศัย
3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้สนใจในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ หมายถึง แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2562 ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าสร้างขึ้น ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ทักษะกระบวนการ หมายถึง การลงมือทำงานด้วยตนเองโดยมุ่งเน้นการฝึกวิธีการทำงานอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการจัดระบบการทำงานเป็นรายบุคคล การทำงานเป็นรายกลุ่ม เพื่อให้ทำงานสำเร็จตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้
 - 2.1 ขั้นศึกษาและวิเคราะห์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่จะแจกแจงว่างานที่จะทำเป็นงานประเภทใด ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อะไรบ้าง มีขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างไร

2.2 ขั้นวางแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนวางแผนว่า จะใช้กำลังในการทำงานอย่างไร จะทำงานคนเดียวหรือต้องทำหลายคน จะแบ่งหน้าที่อย่างไร ต้องใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง จะต้องใช้เงินลงทุน ในการทำงานมากน้อยเพียงไร กำหนดวิธีการทำงานให้เป็นขั้นตอนจนงานสำเร็จ

2.3 ขั้นปฏิบัติ เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้ดังนี้

2.3.1 ผู้สอนให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.3.2 ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ เกี่ยวกับทักษะการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.3.3 ผู้เรียนฝึกฝน ทักษะการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความชำนาญ

2.4 ขั้นประเมิน/ปรับปรุง เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้มีการประเมินผล ทั้งการวางแผน ก่อนการทำงาน ขณะปฏิบัติงาน และเมื่อทำงานเสร็จ

3. ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผลการใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบรรลุผลตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการประเมินผลงานในแต่ละแผน แบบวัดพฤติกรรมระหว่างเรียน แบบประเมินการปฏิบัติงานกลุ่ม และแบบวัดทักษะกระบวนการ

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้แผน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้ศึกษาค้นคว้าสร้างขึ้น จำนวน 40 ข้อ

5. ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง คะแนนความก้าวหน้าของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยการเปรียบเทียบคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากคะแนนทดสอบก่อนเรียนและคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน และคะแนนสูงสุดที่นักเรียนทำได้ กับคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน

6. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง วงจรที่นำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาประกอบรวมกันกับอุปกรณ์อื่น ๆ บนแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งวงจรที่ประกอบขึ้นมานั้นต้องอาศัยคุณสมบัติการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว โดยทำงานแบบประสานสัมพันธ์กัน จึงทำให้มีการทำงานถูกต้องและแสดงผลออกมา ในรูปแบบต่าง ๆ

7. ความพึงพอใจของผู้เรียน หมายถึง ความรู้สึกทางบวกของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ จำนวน 40 ข้อ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานการวิจัยผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

- 2.1 หลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ พุทธศักราช 2562
- 2.2 เนื้อหาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- 2.3 ทักษะกระบวนการ
- 2.4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.6 ดัชนีประสิทธิผล
- 2.7 ดัชนีประสิทธิภาพ
- 2.8 ความพึงพอใจ
- 2.9 การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.10.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 2.10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

2.1 หลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ พุทธศักราช 2562

จุดประสงค์สาขาวิชา

1. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษาและการสื่อสาร ทักษะการคิด และการแก้ปัญหา ทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิตในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ
2. เพื่อให้มีความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้หลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการทำงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี
3. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการ และกระบวนการทำงานในกลุ่มพื้นฐานด้านช่างอิเล็กทรอนิกส์
4. เพื่อให้สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ในงานผลิตและงานบริการทางอิเล็กทรอนิกส์ตามหลักการ และกระบวนการ ในลักษณะครบวงจรเชิงธุรกิจโดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
5. เพื่อให้สามารถเลือก ใช้ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในงานอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์

6. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานอิเล็กทรอนิกส์ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระ รวมถึงการใช้ความรู้ และทักษะพื้นฐานในการศึกษาต่อระดับสูงขึ้น

7. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานและดำรงชีวิตโดยประยุกต์ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง หลักการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างคุ้มค่า คำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเอง ผู้อื่น และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

8. เพื่อให้มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต ประหยัดอดทน มีวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ต่อด้านความรุนแรง และสารเสพติด สามารถพัฒนาตนเองและทำงานร่วมกับผู้อื่น

มาตรฐานการศึกษาวิชาชีพ

คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาระดับคุณวุฒิการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย

1. คุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1.1 ด้านคุณธรรม จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ ได้แก่ ความเสียสละ ความซื่อสัตย์สุจริต ความกตัญญูต่อเวที ความอดกลั้น การละเว้นสิ่งเสพติดและการพนัน การมีจิตสำนึกและเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ และสังคม ภูมิใจและรักษาเอกลักษณ์ของชาติ เคารพกฎหมาย เคารพสิทธิของผู้อื่น ประพฤติปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ของตนเองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีจิตสาธารณะ และจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม

1.2 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ ความมีวินัย ความรับผิดชอบ มีมนุษยสัมพันธ์ความเชื่อมั่นในตนเอง สนใจใฝ่รู้ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความขยัน ประหยัด อดทน พึ่งตนเอง ต่อด้าน ความรุนแรงและการทุจริต ปฏิบัติตนและปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความปลอดภัย อาชีวอนามัย การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

2. ด้านสมรรถนะแกนกลาง

2.1 ด้านความรู้ ได้แก่

2.1.1 หลักการใช้ภาษาและเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสาร

2.1.2 หลักการใช้เหตุผล คิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาและการจัดการ

2.1.3 หลักการดำรงตนและอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคม

2.1.4 หลักการปรับตัวและดำเนินชีวิตในสังคมสมัยใหม่

2.2 ด้านทักษะ ได้แก่

2.2.1 ทักษะการสื่อสารโดยใช้ภาษาและเทคโนโลยีสารสนเทศ

2.2.2 ทักษะการคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

2.2.3 ทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิตตามหลักศาสนา วัฒนธรรม และความเป็นพลเมือง และหลักการพัฒนาบุคลิกภาพและสุขอนามัย

2.3 ด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ได้แก่

2.3.1 สื่อสารโดยใช้ภาษาไทย ภาษาต่างประเทศ และเทคโนโลยีสารสนเทศในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ

2.3.2 แก้ไขปัญหาในงานอาชีพโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

2.3.3 ปฏิบัติตนตามหลักศาสนา วัฒนธรรม ค่านิยม คุณธรรม จริยธรรมทางสังคม และสิทธิหน้าที่พลเมือง

2.3.4 พัฒนาบุคลิกภาพและสุขอนามัยโดยใช้หลักการและกระบวนการด้านสุขศึกษาและพลศึกษา

3. ด้านสมรรถนะวิชาชีพ

3.1 ด้านความรู้ ได้แก่

3.1.1 หลักการทั่วไปของอาชีพเฉพาะและการวิเคราะห์เบื้องต้น

3.1.2 หลักการตัดสินใจ วางแผน และการแก้ปัญหา

3.1.3 หลักการเลือกใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในงานอาชีพ

3.1.4 หลักการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3.1.5 หลักการจัดการงานอาชีพ

3.2 ด้านทักษะ ได้แก่

3.2.1 ทักษะการเลือกและประยุกต์ใช้วิธีการ เครื่องมือ และวัสดุขั้นพื้นฐาน ในการปฏิบัติงาน

3.2.2 ทักษะการปฏิบัติงานพื้นฐานอาชีพและงานเฉพาะตามแบบแผนที่กำหนด

3.2.3 ทักษะการคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน

3.2.4 ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3.2.5 ทักษะด้านสุขภาวะและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

3.3 ด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ได้แก่

3.3.1 วางแผน ดำเนินงานตามหลักการและกระบวนการ โดยคำนึงถึงการบริหารงานคุณภาพ การอนุรักษ์พลังงาน ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม หลักอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 ปฏิบัติงานพื้นฐานอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ตามหลักการและกระบวนการ

3.3.3 เลือก ใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ในงานอาชีพตามหลักการและกระบวนการ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและความปลอดภัย

3.3.4 ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ เพื่อพัฒนาและสนับสนุนงานอาชีพ

3.3.5 อ่านแบบ เขียนแบบในงานอิเล็กทรอนิกส์ งานระบบเสียง งานระบบภาพ งานระบบสื่อสาร ประเมินราคา และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.3.6 ประกอบ ติดตั้งและทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ในงานระบบเสียง งานระบบภาพ งานระบบสื่อสาร และงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.3.7 วิเคราะห์ปัญหา สาเหตุ วิธีแก้ไขและซ่อมบำรุงรักษาเครื่องรับส่งวิทยุ ระบบเสียง ระบบภาพ ระบบสื่อสารโทรคมนาคม ระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ และงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

3.3.8 ตัดสินใจ วางแผนและแก้ไขปัญหาในงานอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมในบางเรื่อง

3.3.9 ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหา และการปฏิบัติงานอิเล็กทรอนิกส์

3.3.10 ให้คำแนะนำพื้นฐานที่ต้องใช้การตัดสินใจและการปฏิบัติงานแก่ผู้ร่วมงาน

โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

ผู้สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องศึกษารายวิชาจากหมวดวิชาต่าง ๆ รวมไม่น้อยกว่า 103 หน่วยกิต และเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร ดังโครงสร้างต่อไปนี้

1. หมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง	ไม่น้อยกว่า 22 หน่วยกิต
1.1 กลุ่มวิชาภาษาไทย	(ไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต)
1.2 กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ	(ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต)
1.3 กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์	(ไม่น้อยกว่า 4 หน่วยกิต)
1.4 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์	(ไม่น้อยกว่า 4 หน่วยกิต)
1.5 กลุ่มวิชาสังคมศึกษา	(ไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต)
1.6 กลุ่มวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา	(ไม่น้อยกว่า 2 หน่วยกิต)
2. หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ	ไม่น้อยกว่า 71 หน่วยกิต
2.1 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน	(21 หน่วยกิต)
2.2 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ	(24 หน่วยกิต)
2.3 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก	(ไม่น้อยกว่า 21 หน่วยกิต)
2.4 ฝึกประสบการณ์สมรรถนะวิชาชีพ	(4 หน่วยกิต)
2.5 โครงการพัฒนาสมรรถนะวิชาชีพ	(4 หน่วยกิต)
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	ไม่น้อยกว่า 10 หน่วยกิต
4. กิจกรรมเสริมหลักสูตร (2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์)	
รวม	ไม่น้อยกว่า 103 หน่วยกิต

2.2 เนื้อหาวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น รหัสวิชา 20100-1005

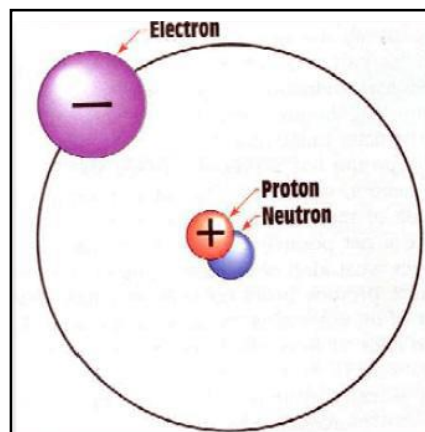
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า (บุญสืบ โพธิ์ศรี และศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 22-43)

1.1 โครงสร้างของอะตอม

ทุกสิ่งทุกอย่างที่เรามองเห็นบนโลกนี้ล้วนเป็นสสาร (Matter) ทั้งสิ้น สสารเป็นสิ่งที่มีความหนัก ต้องการที่อยู่อาศัย โดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งสสารเหล่านี้สามารถแบ่งเป็น

1) ธาตุ (Element) ต่าง ๆ ตามธรรมชาติได้ทั้งหมด 107 ชนิดด้วยกัน ซึ่งธาตุนั้นหมายถึงสารที่ประกอบด้วยอะตอมหลาย ๆ อะตอมรวมกัน เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เงิน ทองคำ พรอท เป็นต้น และในธาตุแต่ละชนิดก็จะมีอะตอมที่แตกต่างกันออกไป

2) อะตอม (Atom) หมายถึง อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ไม่สามารถอยู่ตามลำพังได้ ต้องอยู่รวมกันเป็นโมเลกุล (Molecule) ภายในอะตอมจะประกอบไปด้วยส่วนที่อยู่แกนกลาง คือ นิวเคลียส (Nucleus) ภายในนิวเคลียสจะประกอบด้วยโปรตรอน ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก (Positive Charge) และนิวตรอน (Neutron) มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ส่วนที่อยู่รอบนอกมีวงโคจรความเร็วสูง อาจมีวงเดียวหรือหลายวงก็ได้ วงนอกสุดนั้นเรียกว่าอิเล็กตรอน (Electron) ซึ่งมีคุณสมบัติทางไฟฟ้า เป็นลบ (Negative Charge)



ภาพที่ 1 โครงสร้างภายในของอะตอม

1.2 การแบ่งสารทางไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

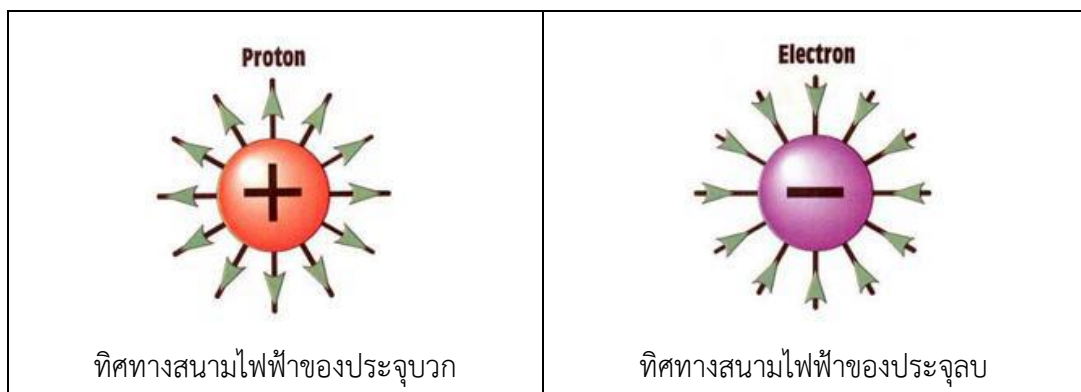
1) ตัวนำ เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอยู่วงนอกสุดประมาณ 1-3 ตัว เมื่อให้พลังงานเพียงเล็กน้อยจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรเคลื่อนที่ไปยังชั้นสารได้ง่าย มีผลทำให้สารนั้นเป็นตัวนำได้ เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

2) ฉนวน เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอยู่วงนอกสุดยึดเกี่ยวกับอะตอมอื่น ๆ ทำให้อิเล็กตรอนอิสระน้อย จึงไม่เกิดการนำกระแส เช่น ไม้ก้ำ เซรามิก เป็นต้น

3) สารกึ่งตัวนำ เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอยู่วนนอกสุด 4 ตัว ในสภาวะปกติจะมีคุณสมบัติคล้ายฉนวน เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นจะเปลี่ยนสภาพเป็นสภาวะตัวนำ ที่นำมาทำเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ได้แก่ ซีลิกอน และเยอรมาเนียม

1.3 ประจุไฟฟ้า (Charge of Electricity) หมายถึง ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหล ไปใน ตัวนำ ไฟฟ้า ที่เกิดจากการขัดสีระหว่างวัตถุ 2 ชนิด เช่น การเอาแท่งแก้วถูกับผ้าไหม แท่งแก้ว จะถ่ายยทอด อิเล็กตรอนให้แก่ผ้าไหม ทำให้แท่งแก้วเกิดประจุบวก และผ้าไหมเกิดประจุลบ

เมื่อมีการนำเอาวัตถุ 2 ชนิดที่มีประจุไฟฟ้าไม่เท่ากันมาวางใกล้ ๆ กัน จะไม่เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอน ซึ่งไม่สามารถทำให้ประจุไฟฟ้าถ่ายเทเข้าหากันได้ ซึ่งมีผลทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล เรียกว่า ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity)



ภาพที่ 2 ทิศทางสนามไฟฟ้าของประจุบวกและประจุลบ

ประจุไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ Q มีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์-วินาที (Ampere-Second) ใช้ตัวย่อของหน่วยวัดเป็น As หรือ C

1 แอมแปร์-วินาที	=	1 คูลอมป์ (Coulomb)
1 คูลอมป์	=	อิเล็กตรอนจำนวน 6.24×10^{18} ตัว

การเกิดประจุไฟฟ้า คือ การที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรจะมีผลทำให้เกิดประจุไฟฟ้า ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่

- 1) การขัดสี (Friction) เกิดจากการนำเอาวัตถุต่างชนิดมาถูกัน
- 2) ความร้อน (Heat) การให้ความร้อนที่จุดต่อของโลหะต่างชนิดกัน
- 3) แรงกดดัน (Pressure) เกิดโดยการกดดันของผลึกในสารบางชนิด เช่น ผลึกควอตซ์ (Quartz)
- 4) แสงสว่าง (Light) เกิดจากการให้แสงสว่างมาตกกระทบกับสารที่มีความไวต่อแสง เช่น โฟโตเซล

- 5) แม่เหล็ก (Magnetism) เกิดจากตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก
- 6) ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Action) เกิดจากปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ไฟฟ้า

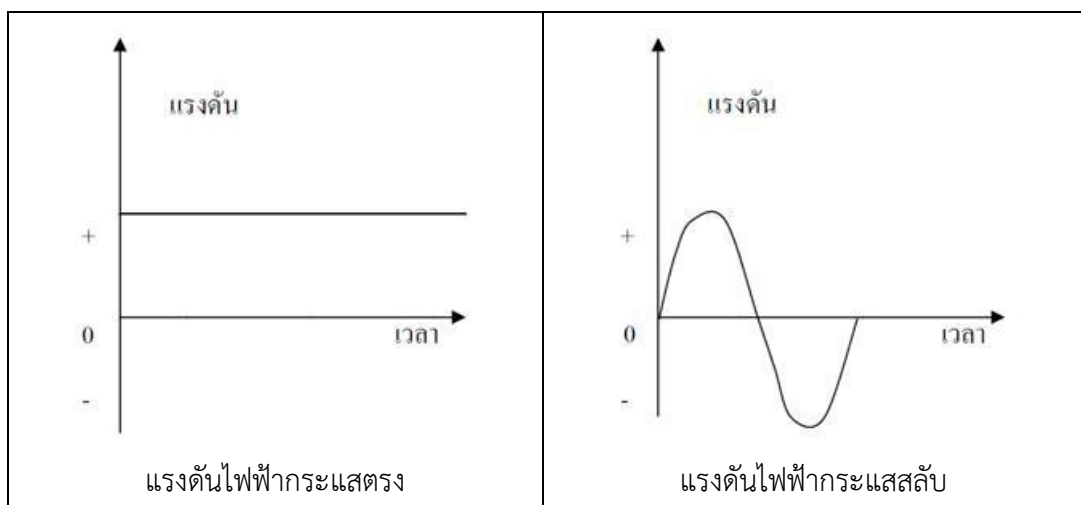
1.4 แรงดันไฟฟ้า (Electrical Voltage)

แรงดันไฟฟ้าเกิดจากการแยกประจุบวกและประจุลบออกจากกัน เพื่อให้ประจุทั้งสองเป็นกลาง ซึ่งมีผลทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า แรงดัน 1 โวลต์ คือ แรงดันที่ทำให้กระแส 1 แอมแปร์ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน 1 โอห์ม

1 เมกกะโวลต์ (Megavolt)	=	1 MV	=	1,000,000 V	=	$1 \times 10^6 \text{ V}$
1 กิโลโวลต์ (Kilovolt)	=	1 KV	=	1,000V	=	$1 \times 10^3 \text{ V}$
1 โวลต์ (volt)	=	1,000 mV	=	1 V	=	$1 \times 10^0 \text{ V}$
1 มิลลิโวลต์ (Millivolt)	=	1 mV	=	1/1,000 V	=	$1 \times 10^{-3} \text{ V}$
1 ไมโครโวลต์ (Microvolt)	=	1 μV	=	1/1,000,000 V	=	$1 \times 10^{-6} \text{ V}$

ชนิดของแรงดันไฟฟ้า

- 1) แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Voltage) ขนาดของชั่วแรงดันไฟฟ้าจะคงที่ตลอดเวลา ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สัญลักษณ์ (-)
- 2) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Voltage) ขนาดและชั่วของแรงดันไฟฟ้า จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีลักษณะเป็น Sine Wave (~)

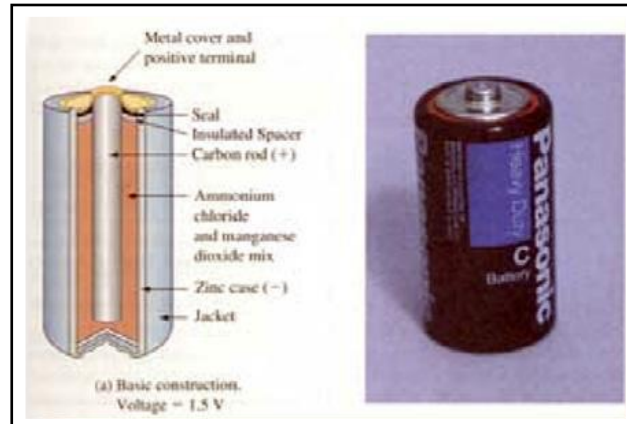


ภาพที่ 3 ลักษณะของแรงดันไฟฟ้า

1.5 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้า หมายถึง แหล่งพลังงานที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปได้ มีดังต่อไปนี้คือ

1) แบตเตอรี่ (Battery) เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ที่บรรจุภายใน ซึ่งเซลล์แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ จะต่อเป็นอนุกรม ขนาน หรือแบบผสม ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันและกระแสที่ต้องการ



ภาพที่ 4 แบตเตอรี่และโครงสร้างภายใน

แรงดันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากเซลล์แบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการสร้างสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

(1) แบตเตอรี่แบบปฐมภูมิ (Primary Cell) คือ แบตเตอรี่ที่ใช้แล้วเกิดการทำปฏิกิริยาเคมีภายใน ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ถ่านไฟฉาย ถ่านนาฬิกา ถ่านในรีโมทคอนโทรลอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

(2) แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ (Secondary Cell) คือ แบตเตอรี่ที่ใช้แล้วสามารถนำมาชาร์จไฟเข้าไปใหม่ได้



แบตเตอรี่แบบปฐมภูมิประเภทต่าง ๆ

แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิประเภทต่าง ๆ

ภาพที่ 5 แบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ

ความจุของแบตเตอรี่ (Q) คือ ความสามารถในการจ่ายไฟของแบตเตอรี่ หรือเก็บความจุ นั้น ขึ้นอยู่กับเซลล์ของแผ่นธาตุ มีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ต่อชั่วโมง (Ah) ดังนั้น จึงสามารถเขียน เป็นสมการได้ ดังนี้

$$Q = I \times t$$

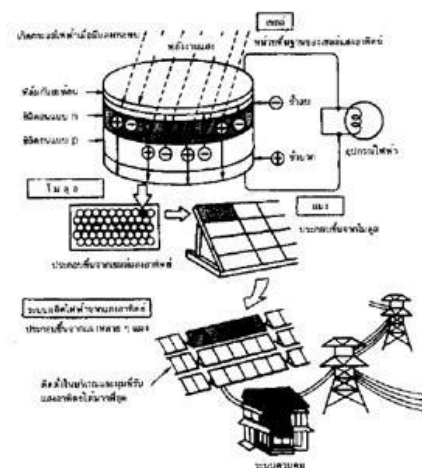
การนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน จะใช้สำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์ ให้แสงสว่าง ในรถยนต์เรือ และใช้ในการสื่อสารต่าง ๆ เป็นต้น แบตเตอรี่จำพวกนี้ส่วนมากเป็นชนิด ตะกั่วกรด (Lead Acid)

แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-เหล็ก (Nickel-Iron) เป็นแบตเตอรี่ที่บรรจุในกล่องเหล็กกล้า ชุบนิเกิล สามารถจ่ายกระแสไฟได้สูงมาก ชั่วคราวทำมาจากนิเกิลไฮดรอกไซด์ ใช้โปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ ที่นิยมใช้ คือ ในเครื่องไฟฉุกเฉิน (Emergency Lighting) ในรถโฟคลิฟ (Electric Forklifts) แต่ไม่นิยมใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซล

แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium : Ni-Cad) จะมีโครงสร้างคล้ายแบตเตอรี่นิเกิล-เหล็ก ชั่วคราวเป็นชนิดนิเกิลไฮดรอกไซด์ ชั่วคราวจะเป็นแคดเมียมและเหล็กอะลูมิเนียม น้ำยาอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ภายใน คือ โปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ แบตเตอรี่ชนิดนี้ทนต่อการใช้งาน เสียหายยาก ใช้งานได้นาน ให้แรงดันต่อเซลล์ประมาณ 1.2 โวลต์ เมื่อใช้ไฟหมดแล้วสามารถนำไปประจุไฟใหม่ได้นิยมใช้ในนาฬิกา, เครื่องคิดเลข, แฟลชของกล้องถ่ายรูป อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เป็นต้น

2) เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cells)

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางวิศวกรรม โดยประยุกต์ให้มีคุณสมบัติทางด้านสารกึ่งตัวนำ เมื่อมีแสงมากระทบจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันทำมาจากธาตุซิลิกอน (Silicon) ซึ่งเป็นธาตุที่พบ มากที่สุดบนโลก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ แบบผลึกและแบบอะมอร์ฟัส



ภาพที่ 6 โครงสร้างและรายละเอียดของเซลล์แสงอาทิตย์

การสร้งจะทำได้โดยใช้ P-N Junction ประกอบขึ้นเป็นพื้นฐาน โดยให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ ส่วนกระแสจะแปรผันตามแสงบนพื้นที่ของเซลล์ ในการรับแสง ของซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว จะให้กระแสได้ประมาณ 2 แอมแปร์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เมื่อต้องการแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเพิ่มแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันตามต้องการ ถ้าต้องการกระแสเพิ่มสูงขึ้น ให้นำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อขนานกัน การต่อแบบนี้มีลักษณะเป็นโมดูล เมื่อเอาโมดูลมาประกอบเพื่อติดตั้งใช้งาน จะเรียกว่าแผง (Array) แผงที่ติดตั้งในปัจจุบันจะมีอายุการใช้งานประมาณ 20-25 ปี แต่ในขณะนี้ได้มีการพยายามคิดค้นและพัฒนา เพื่อให้มีอายุการใช้งานมากกว่า 30 ปี

จุดเด่นของไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

(1) แหล่งพลังงาน คือ ดวงอาทิตย์ เพราะฉะนั้นจึงสามารถนำมาใช้ได้ตลอดไป และไม่เสียค่าใช้จ่าย แหล่งพลังงานอื่น ๆ ที่นำมาใช้กัน เช่น น้ำมัน, ถ่านหิน, ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งแหล่งพลังงานเหล่านี้จะหมดไปได้

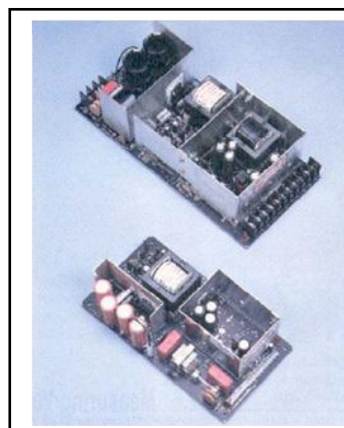
(2) ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เกิดจากการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งไม่ใช้น้ำมัน ถ่านหิน หรือ ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

(3) สามารถสร้างไฟฟ้าได้ทุกขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กที่สามารถนำไปใช้กับเครื่องคิดเลข จนถึงระบบโรงงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ระดับ 100 kW ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถให้ประสิทธิภาพเท่ากัน ปัจจุบันนำไปใช้กับ เครื่องคิดเลข ปั้มน้ำ รถยนต์ไฟฟ้า เรือไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าตามบ้าน เป็นต้น

(4) มีการประยุกต์นำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภท เช่น เครื่องหมายสัญญาณจราจร ไฟฟ้าบริเวณถนนต่าง ๆ เครื่องทวนสัญญาณวิทยุ และโทรศัพท์ และใช้ติดบนหลังคารถยนต์

3) แหล่งจ่ายไฟแบบอิเล็กทรอนิกส์

แหล่งจ่ายไฟแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Power Supplies) ที่นำมาใช้ในปัจจุบันได้นำไปประยุกต์ใช้กับวิทยุ โทรศัพท์ ทีวีโอเทป คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ ระบบสื่อสาร ต่าง ๆ เป็นต้น แหล่งจ่ายไฟแบบนี้เป็นแหล่งจ่ายไฟที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากไฟบ้าน 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายให้แก่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้



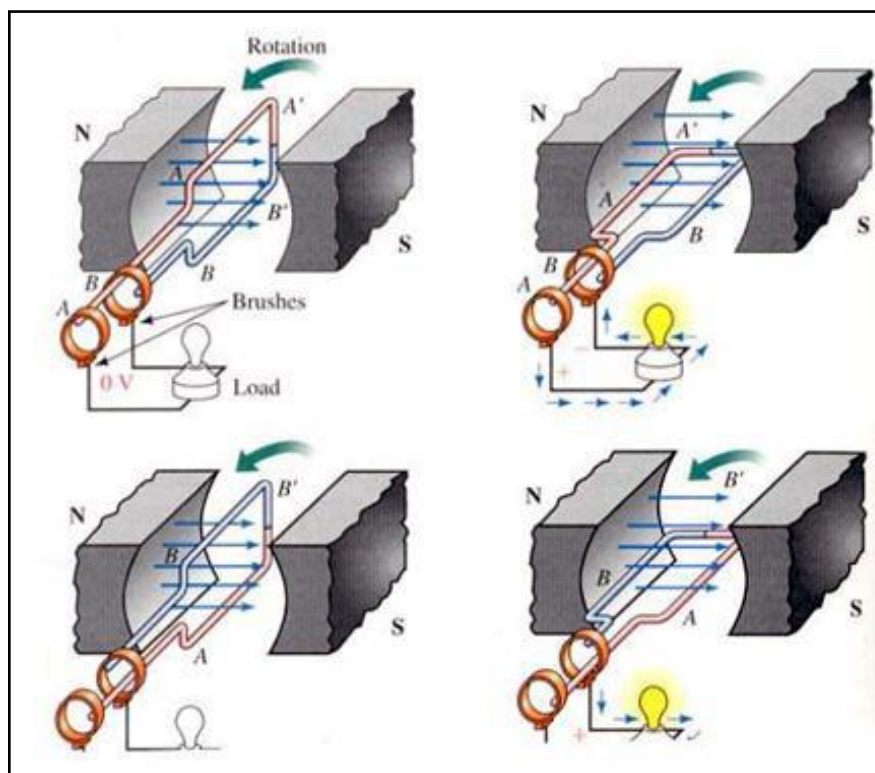
ภาพที่ 7 แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย



ภาพที่ 8 แหล่งจ่ายไฟแบบอิเล็กทรอนิกส์ปรับค่าแรงดันและกระแสได้

4) เจนเนอเรเตอร์ (Generators)

เจนเนอเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำขณะหมุน ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าออกมา



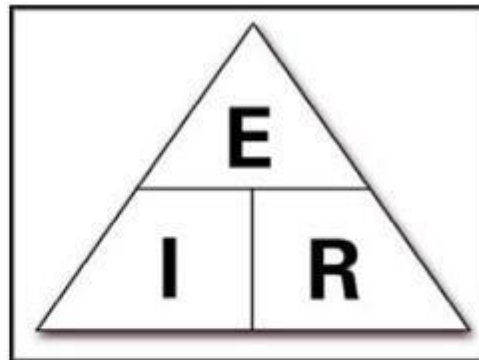
ภาพที่ 9 การเกิดแรงดันไฟฟ้าจากลวดตัวนำตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

1.6 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

กระแสไฟฟ้า แรงดัน และความต้านทาน จะมีความสัมพันธ์กัน คือ ในวงจรไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป ในกรณีที่ความต้านทานคงที่ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจร จะมีการเปลี่ยนแปลงตามแรงดันที่ป้อนให้กับวงจร ถ้าแรงดันในวงจรไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลในวงจรก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายแรงดันให้กับวงจรคงที่ ปริมาณของกระแสที่ไหลในวงจรมีการเปลี่ยนแปลง ในลักษณะผกผันกับค่าความต้านทาน กล่าวคือ ถ้าค่าความต้านทานสูง จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรได้น้อย แต่ถ้าค่าความต้านทานต่ำ กระแสไฟฟ้าจะไหลได้มาก

กล่าวโดยสรุป คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า และแปรผกผันกับค่าความต้านทานไฟฟ้า นั่นเอง

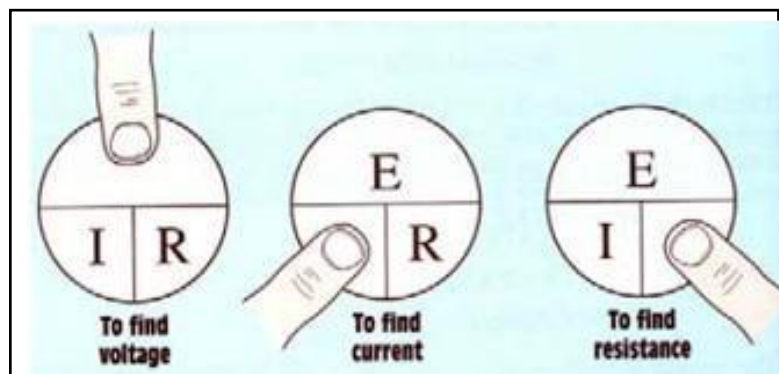


ภาพที่ 10 กฎของโอห์ม

เมื่อ E = EMF OR Voltage หมายถึง แรงเคลื่อนไฟฟ้า

I = Current OR Ampere หมายถึง กระแสไฟฟ้า

R = Resistance หมายถึง ความต้านทานไฟฟ้า



ภาพที่ 11 การหาค่าแรงดัน กระแส และความต้านทานจากกฎของโอห์ม

1.7 กำลังไฟฟ้า (Power in Electrical)

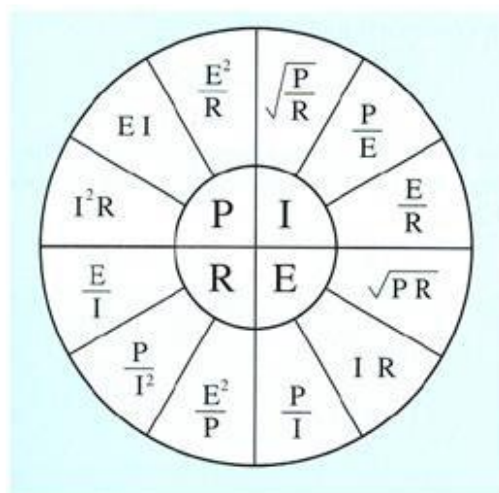
กำลังไฟฟ้า หมายถึง การบ้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปในโหลดเพื่อทำให้เกิดพลังงานในรูปต่าง ๆ เช่น พลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อน พลังงานกล เป็นต้น กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt : W) มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้ โดย

$$P = EI \quad (\text{Watt : W})$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า
 E = แรงดันไฟฟ้า
 I = กระแสไฟฟ้า

1.8 ความสัมพันธ์ของการหาค่าทางไฟฟ้า

การหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดัน ความต้านทาน และกำลังทางไฟฟ้านั้นมีความสัมพันธ์กัน การคำนวณเพื่อหาค่าจะต้องทราบอย่างน้อย 2 ค่า จึงจะหาค่าที่ต้องการได้ ตัวอย่างเช่น ต้องการทราบค่าความต้านทาน จะต้องทราบค่าแรงดันและกระแส หรือต้องการทราบค่ากำลังทางไฟฟ้า จะต้องทราบค่าของแรงดันและกระแส เป็นต้น จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถสรุปเป็นสูตรเพื่อใช้ในการหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

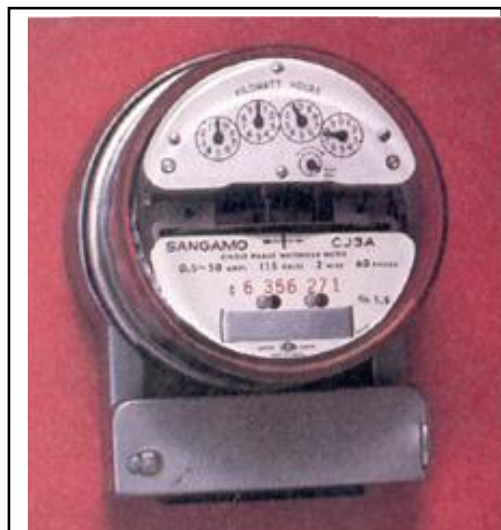


ภาพที่ 12 วงล้อแสดงความสัมพันธ์ของการหาค่าทางไฟฟ้า

1.9 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง

ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้าน ในทุกครัวเรือนจะมีมิเตอร์ติดตั้งอยู่เพื่อแจ้งให้เจ้าของบ้านทราบว่าในแต่ละเดือนได้ใช้พลังงานไฟฟ้าไปเท่าใด มิเตอร์ที่ติดตั้งไว้คิดค่าหน่วยของการใช้งาน เป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งหมายถึง การใช้ไฟฟ้า 1,000 วัตต์ ใน 1 ชั่วโมง เครื่องมือนี้นี้เรียกว่า กิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์ (kilowatt-Hour Meter) โดยมีการหาค่า ดังนี้

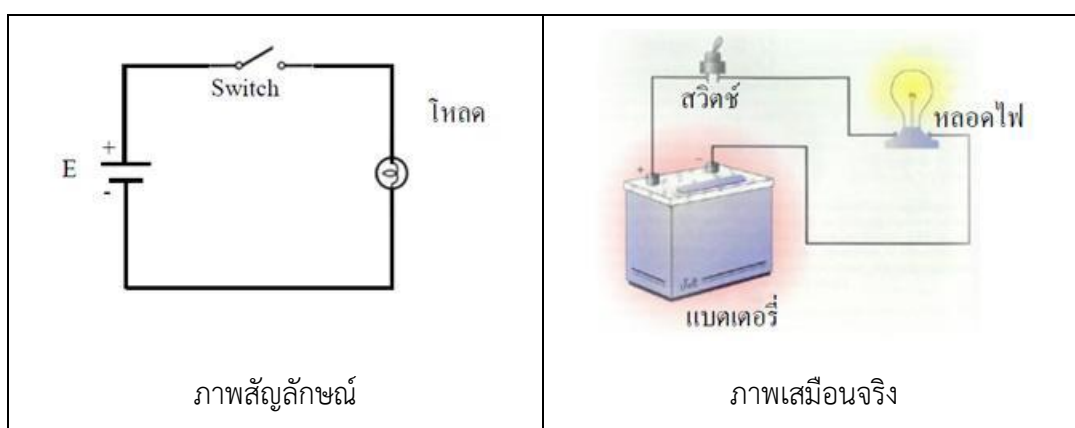
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (KWh)	=	กำลังไฟฟ้า (KW) X เวลา (h)
W	=	P X t
เมื่อ W	=	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็นวัตต์วินาที (WS) หรือกิโลวัตต์ชั่วโมง (KWh)
P	=	กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
t	=	เวลามีหน่วยเป็นวินาที (S) หรือชั่วโมง (h)



ภาพที่ 13 เครื่องมือวัดกิโลวัตต์ - ชั่วโมง

1.10 องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้า คือ การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้า จ่ายแรงดัน และกระแสให้กับโหลด โดยใช้ ลวด
ตัวนำ



ภาพที่ 14 องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า

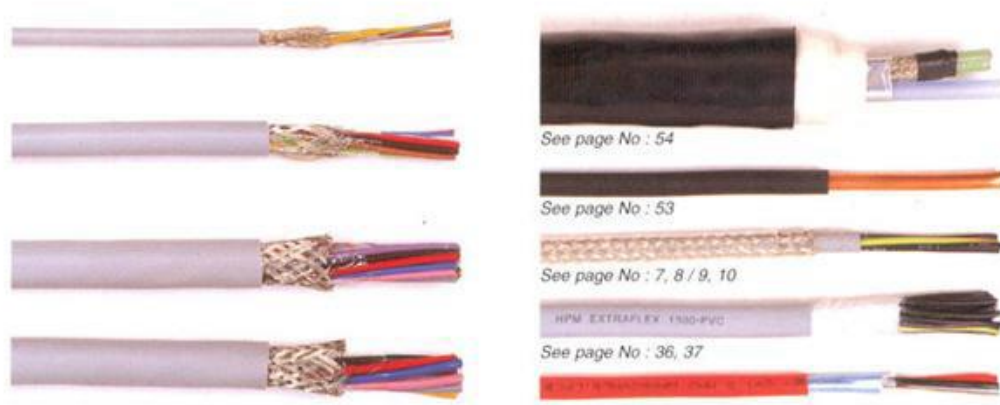
ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง จะต่อจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ และใช้สวิตช์เป็นตัวเปิด-ปิด การไหลของกระแสไฟฟ้า การที่จะทำให้แรงดัน และกระแสไหลผ่านโหลดได้ จะต้องมียุติประกอบของ วงจรไฟฟ้า ดังนี้

1) แหล่งจ่ายไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการจ่ายแรงดันและกระแสให้กับวงจร เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย เครื่องจ่ายไฟ ไดนาโม และเจนเนอเรเตอร์ เป็นต้น



ภาพที่ 15 แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบต่าง ๆ

2) ลวดตัวนำ คือ อุปกรณ์ที่นำมาต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า จากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่ง เพื่อจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด ลวดตัวนำที่นำกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุด คือ ทองคำ แต่เนื่องจากทองคำมีราคาแพงมาก จึงนิยมใช้ทองแดง ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าได้ดีพอสมควรและราคาไม่แพงมากนัก นอกจากนี้ยังมีโลหะชนิดอื่น ๆ ที่สามารถนำไฟฟ้าได้ เช่น เงิน ดีบุก เหล็ก อลูมิเนียม นิเกิล ฯลฯ เป็นต้น



ภาพที่ 16 อุปกรณ์ที่นำมาต่อเป็นลวดตัวนำ

3) โหลดหรือภาระทางไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่นำมาต่อในวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้งาน เช่น ตู้อุ่น โทรทัศน์ พัดลม เครื่องปรับอากาศ เตารีด หลอดไฟ หรือตัวต้านทาน เป็นต้น



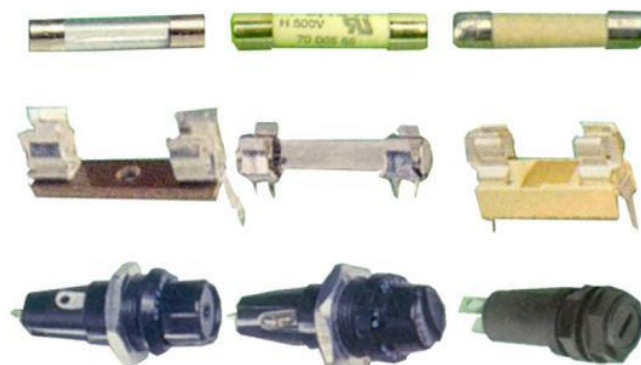
ภาพที่ 17 อุปกรณ์ที่นำมาต่อเป็นโหลดทางไฟฟ้า

4) สวิตช์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการปิดหรือเปิดวงจร ในกรณีที่เปิดวงจรก็จะทำให้ ไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับโหลด ในทางปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้า จะต้องต่อสวิตช์เข้าไปในวงจร เพื่อทำหน้าที่ตัดต่อและควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า



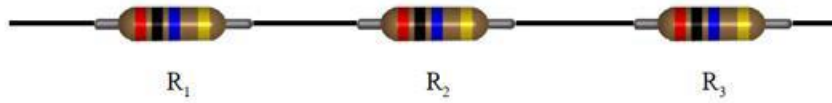
ภาพที่ 18 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสวิตช์ในวงจร

5) ฟิวส์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับความเสียหาย เนื่องจากการทำงานผิดปกติของวงจร เช่น โหลดเกิน หรือเกิดการลัดวงจร โดยเมื่อเกิดอาการผิดปกติฟิวส์จะทำหน้าที่ในการเปิดวงจร ที่เรียกว่าฟิวส์ขาดนั่นเอง



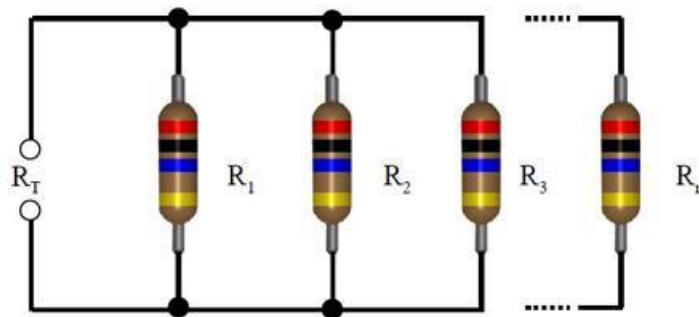
ภาพที่ 19 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นฟิวส์ในวงจร

1.11 วงจรอนุกรม คือ การนำโหลดมาต่อเรียงกัน โดยให้ปลายของโหลดตัวแรกต่อกับ ปลายของโหลดตัวถัดไป แล้วทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ในทิศทางเดียวกัน คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรอนุกรม คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีค่าเท่ากัน เมื่อค่าต้านทานตัวใดตัวหนึ่งมีค่ามากขึ้นจะทำให้ ค่าความต้านทานรวมของวงจรเพิ่มขึ้นด้วย แต่กระแสไฟฟ้าในวงจรกลับมีค่าน้อยลง



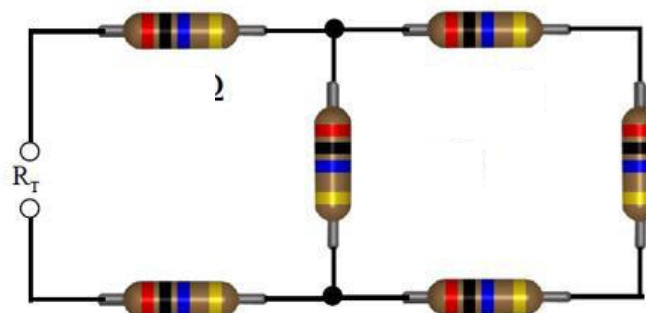
ภาพที่ 20 การต่อโหลดแบบอนุกรม

1.12 วงจรขนาน คือ การนำโหลดมาต่อคร่อมกันตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยนำจุดต่อปลาย ทั้งสองข้างของโหลดแต่ละตัวมาต่อรวมกัน แล้วทำให้กระแสไฟฟ้ามีทางไหลได้หลายทาง คุณสมบัติ ของวงจรขนาน คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรขนานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่จุดต่อเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดต่อ



ภาพที่ 21 การต่อโหลดแบบขนาน

1.13 วงจรผสม คือ การนำโหลดมาต่ออนุกรมและขนานร่วมกันภายในวงจรเดียวกัน วงจรที่มีการต่อตัวต้านทานอนุกรมและขนานรวมอยู่ในวงจรเดียวกันนั้น การแก้ปัญหาในวงจรผสมสามารถทำได้โดยใช้กฎและเทคนิคต่าง ๆ จากเรื่องวงจรอนุกรมและขนานร่วมกันเป็นหลักการพิจารณาเพื่อแก้ปัญหาในวงจรผสม



ภาพที่ 22 การต่อโหลดแบบผสม

2. ตัวต้านทาน (Resistor)

ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแส และแรงดันภายในวงจร ได้ขนาดตามที่ต้องการ เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวถูกออกแบบ ให้ใช้แรงดันและกระแสที่แตกต่างกัน ดังนั้น ตัวต้านทานจึงเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทและใช้กันมากในงานด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ เครื่องขยายเสียง ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ เป็นต้น (บุญสืบ โพธิ์ศรี และศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 79-91) สัญลักษณ์ของตัวต้านทานที่ใช้ในการเขียนวงจรมีอยู่หลายแบบ แสดงดังภาพที่ 23

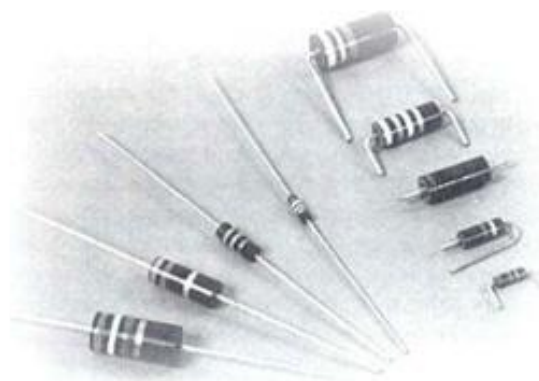


ภาพที่ 23 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

2.1 ตัวต้านทานแบบค่าคงที่ (Fixed Resistor)

ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่มีหลายประเภท ในที่นี่จะขอกล่าวประเภทที่มีความนิยมในการนำมาประกอบใช้ในวงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไป ดังนี้

1) ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม (Carbon Composition) เป็นตัวต้านทานที่นิยมใช้กันแพร่หลายมาก มีราคาถูก โครงสร้างทำมาจากวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทาน ผสมกันระหว่างผงคาร์บอนและผงของฉนวน อัตราส่วนผสมของวัสดุทั้งสองชนิดนี้ จะทำให้ค่าความต้านทานมีค่าน้อยเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ บริเวณปลายทั้งสองด้านของตัวต้านทานต่อด้วยลวดตัวนำ บริเวณด้านนอกของตัวต้านทานจะฉาบด้วยฉนวน



ภาพที่ 24 ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม

2) ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film) ทำมาจากแผ่นฟิล์มบางของแก้ว และโลหะหลอมเข้าด้วยกันแล้วนำไปเคลือบที่เซรามิก ทำเป็นรูปทรงกระบอก แล้วตัดแผ่นฟิล์ม ที่เคลือบออกให้ได้ค่าความต้านทานตามที่ต้องการ ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการเคลือบด้วยสารอีพ็อกซี (Epoxy) ตัวต้านทานชนิดนี้มีค่าความผิดพลาด บวกลบ 0.1 % ถึงประมาณ บวกลบ 2% ซึ่งถือว่า มีค่าความผิดพลาดน้อยมาก นอกจากนี้ยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากภายนอกได้ดี สัญญาณรบกวนน้อยเมื่อเทียบกับตัวต้านทานชนิดอื่น ๆ



ภาพที่ 25 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ

3) ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon Film) เป็นตัวต้านทานแบบค่าคงที่ สร้างขึ้นโดยการฉาบผงคาร์บอนลงบนแท่งเซรามิกซึ่งเป็นฉนวน หลังจากทำการเคลือบแล้ว จะตัดฟิล์มเป็นวงแหวนเหมือนเกลียวน็อต ในกรณีที่เคลือบฟิล์มคาร์บอนในปริมาณน้อยทำให้ได้ค่าความต้านทานสูง แต่ถ้าเพิ่มฟิล์มคาร์บอนในปริมาณมากขึ้น จะทำให้ได้ค่าความต้านทานต่ำ ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ มีค่าความผิดพลาด บวกลบ 5% ถึงบวกลบ 20% ทนกำลังวัตต์ตั้งแต่ 1/8 วัตต์ ถึง 2 วัตต์ มีค่าความต้านทานตั้งแต่ 1 โอห์ม ถึง 100 เมกะโอห์ม



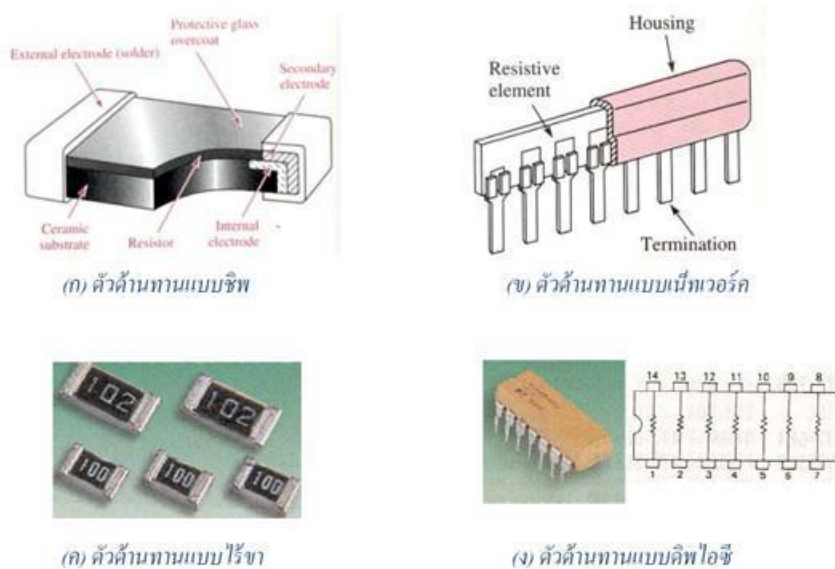
ภาพที่ 26 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

4) ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์ (Wire Wound) โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้เกิดจากการใช้ลวดพันลงบนเส้นลวดแกนเซรามิก จากนั้นต่อลวดตัวนำด้านหัวและท้ายของเส้นลวดที่พัน ส่วนค่าความต้านทานขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำเป็นลวดตัวนำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนเซรามิก และความยาวของลวดตัวนำ ขั้นตอนสุดท้ายจะเคลือบด้วยสารประเภทเซรามิก บริเวณรอบนอกอีกครั้งหนึ่ง ค่าความต้านทานของตัวต้านทานแบบนี้ จะมีค่าต่ำเพราะต้องการให้มีกระแสไหลได้สูง ทนความร้อนได้ดี สามารถระบายความร้อนโดยใช้อากาศถ่ายเท



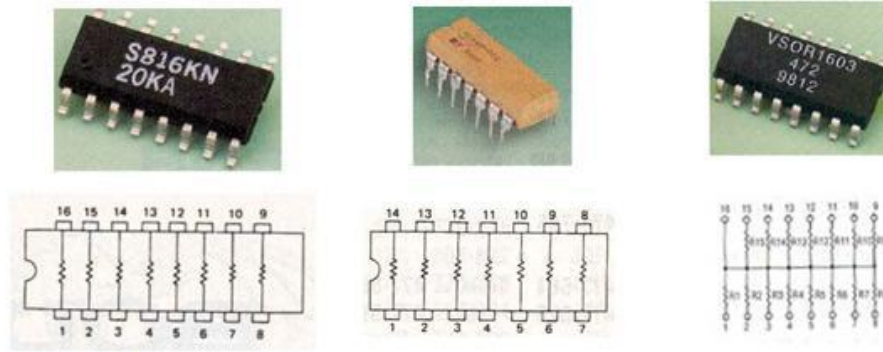
ภาพที่ 27 ตัวต้านทานแบบไวรัววด์

5) ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา (Thick Film Network) โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้ทำมาจากแผ่นฟิล์มหนา มีรูปแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน ในรูปที่ 28 แสดงตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนาประเภทไร้ขา (Chip Resistor) ตัวต้านทานแบบนี้ต้องใช้เทคโนโลยี SMT (Surface Mount Technology) ในการผลิต มีอัตราทนกำลังประมาณ 0.063 วัตต์ ถึง 500 วัตต์ ค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 1 % ถึง บวกลบ 5 %



ภาพที่ 28 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา

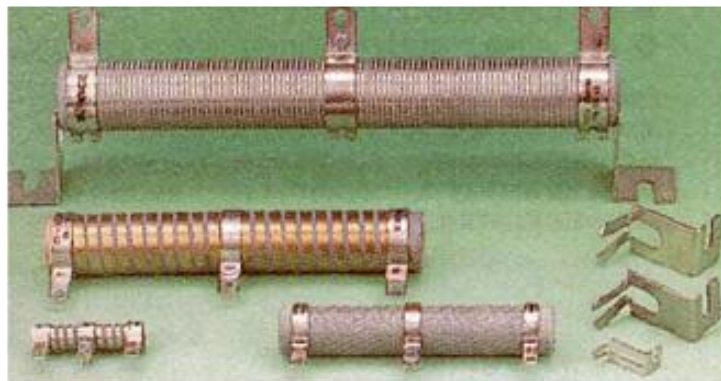
6) ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง (Thin Film Network) โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้ทำมาจากแผ่นฟิล์มบาง มีลักษณะรูปร่างเหมือนกับตัวไอซี (Integrate Circuit) ใช้เทคโนโลยี SMT (Surface Mount Technology) ในการผลิตเช่นเดียวกับตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา โดยส่วนใหญ่ จะมีขาทั้งหมด 16 ขา การใช้งานต้องบัดกรีเข้ากับแผ่นลายวงจร อัตราทนกำลัง 50 มิลลิวัตต์ มีค่า ความคลาดเคลื่อนบวกลบ 0.1 % และอัตราทนกำลัง 100 มิลลิวัตต์ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 5 % ที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 50 VDC



ภาพที่ 29 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง

2.2 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (Adjustable Resistor)

โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์ แต่โดยส่วนใหญ่บริเวณลวดตัวนำจะไม่เคลือบด้วยสารเซรามิก และมีช่องว่างทำให้มองเห็นเส้นลวดตัวนำ เพื่อทำการลัดเชื่อมขัดค่อมตัวต้านทาน โดยจะมีขาปรับให้สัมผัสเข้ากับจุดใดจุดหนึ่งบนเส้นลวด ของความต้านทาน ตัวต้านทานแบบนี้ส่วนใหญ่มักมีค่าความต้านทานต่ำ แต่อัตราทนกำลังวัตต์สูง การปรับค่าความต้านทานค่าใดค่าหนึ่ง สามารถกระทำได้ในช่วงของความต้านทานตัวนั้น ๆ เหมาะกับงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเสมอ ๆ



ภาพที่ 30 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

2.3 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistor)

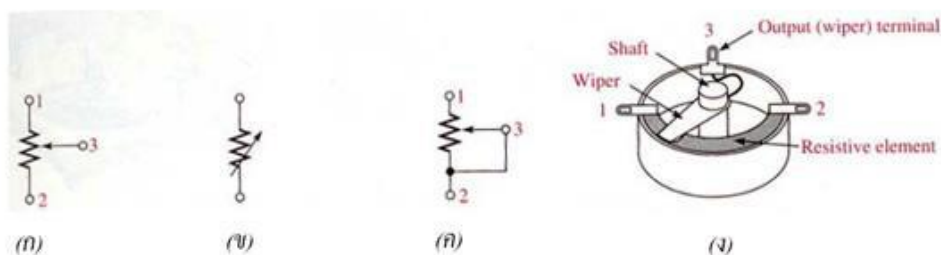
โครงสร้างภายในทำมาจากคาร์บอน เซรามิก หรือพลาสติกตัวนำ ใช้ในงานที่ต้องการเปลี่ยนค่าความต้านทานบ่อย ๆ เช่น ในเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์ เพื่อปรับลดหรือเพิ่มเสียง ปรับลดหรือเพิ่มแสงในวงจรทีวีไฟ มีอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทำงาน เช่น โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือพอด (Pot) สำหรับชนิดที่มีแกนเลื่อนค่าความต้านทาน หรือแบบที่มีแกนหมุนเปลี่ยนค่าความต้านทาน คือ โวลุ่ม (Volume) เพิ่มหรือลดเสียงมีหลายแบบให้เลือก คือ 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น เป็นต้น ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบที่ไม่มีแกนปรับโดยทั่วไปจะเรียกว่า โวลุ่มเกือกม้า หรือ ทริมพอด (Trimpot)



ภาพที่ 31 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้

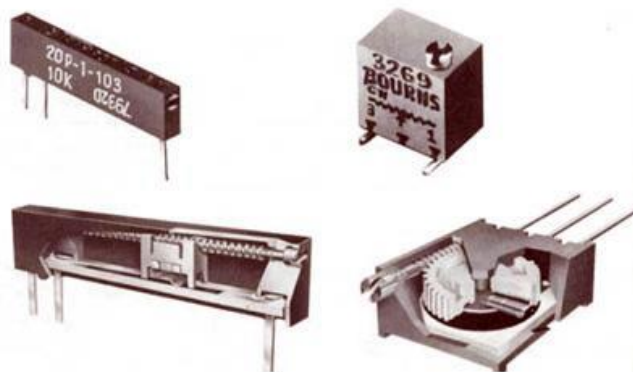
ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้นี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ โฟเทนซิโอมิเตอร์ (Potentiometer) และเซนเซอร์รีซิสเตอร์ (Sensor Resistor)

โฟเทนซิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือพอด (Pot) คือ ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ในวงจรต่าง ๆ โครงสร้างส่วนใหญ่จะใช้วัสดุประเภทคาร์บอน ผสมกับเซรามิกและเรซิน วางบนฉนวน ส่วนแกนหมุนกลางใช้โลหะที่มีการยึดหยุ่นตัวได้ดี โดยทั่วไปจะเรียกว่าไวลุ่ม หรือ VR (Variable Resistor) มีหลายแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ แบบ A , B และ C



ภาพที่ 32 ลักษณะ รูปร่าง และสัญลักษณ์ของโฟเทนซิโอมิเตอร์

ตัวต้านทานแบบโฟเทนซิโอมิเตอร์อีกประเภทหนึ่งคือ ตัวต้านทานแบบปรับละเอียด (Trimmer Potentiometers) ตัวต้านทานแบบนี้ส่วนมากมักใช้ประกอบในวงจรประเภทเครื่องมือวัด และทดสอบ เพราะสามารถปรับหมุน เมื่อต้องการเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ที่ละน้อย และสามารถหมุนได้ 15 รอบหรือมากกว่า ซึ่งเมื่อเทียบกับโฟเทนซิโอมิเตอร์ แบบที่ใช้ในเครื่องรับวิทยุ และเครื่องเสียง ซึ่งจะหมุนได้ไม่ถึง 1 รอบ ก็จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

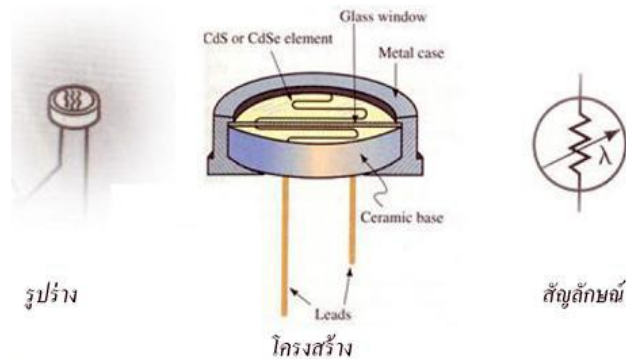


ภาพที่ 33 ลักษณะของโฟเทนซิโอมิเตอร์แบบปรับละเอียด

2.4 ตัวต้านทานชนิดพิเศษ

เป็นตัวต้านทานที่มีคุณสมบัติและการใช้งานที่แตกต่างจากตัวต้านทานทั่ว ๆ ไป เช่น ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ใช้เป็นสวิตช์เปิดปิดไฟด้วยแสง ฯลฯ เป็นต้น

แอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor) เป็นตัวต้านทานชนิดที่มีความไวต่อแสงมาก บางครั้งเรียกว่าตัวต้านทานแบบโฟโตคอนดักทีฟเซลล์ (Photoconductive Cells) หรือโฟโตเซลล์ โครงสร้างภายในโดยทั่วไปจะทาด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide) หรือแคดเมียมเซลีไนด์ (Cadmium Selenide) มีความเข้มของแสงระหว่าง 4,000 Å. (Blue Light) ถึง 10,000 Å. (Infrared) 1 Å. เท่ากับ 1×10^{-10} M Light



ภาพที่ 34 ลักษณะโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของแอลดีอาร์

2.5 หน่วยของความต้านทาน

หน่วยของความต้านทานวัดเป็นหน่วย “โอห์ม” เขียนแทนด้วยอักษรกรีก คือ ตัว “โอเมก้า” (Ω) ค่าความต้านทาน 1 โอห์มหมายถึงการป้อนแรงดันไฟฟ้าขนาด 1 โวลต์ ไหลผ่านตัวต้านทานแล้วมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 1 แอมแปร์

$1,000 \Omega$	=	$1 \text{ K}\Omega$
$1,000 \text{ K}\Omega$	=	$1 \text{ M}\Omega$

2.6 การอ่านค่าความต้านทาน

ค่าความต้านทานโดยส่วนใหญ่จะใช้รหัสแถบสีหรืออาจจะพิมพ์ค่าติดไว้ บนตัวต้านทาน ถ้าเป็นการพิมพ์ค่าติดไว้บนตัวต้านทานมักจะเป็นตัวต้านทานที่มีอัตราทนกำลังวัตต์สูง ส่วนตัวต้านทานที่มีอัตราทนกำลังวัตต์ต่ำมักจะใช้รหัสแถบสี ที่นิยมใช้มี 4 แถบสีและ 5 แถบสี

การอ่านค่ารหัสแถบสี สำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาอาจจะมีปัญหาเรื่องของแถบสีที่ 1 และแถบสีที่ 4 ว่าแถบสีใด คือ แถบสีเริ่มต้น ให้ใช้หลักในการพิจารณาแถบสีที่ 1, 2 และ 3 จะมีระยะห่าง ของช่องไฟเท่ากัน ส่วนแถบสีที่ 4 จะมีระยะห่างของช่องไฟมากกว่าเล็กน้อย

ตาราง 1 รหัสสีของตัวต้านทานแบบ 4 แถบสี

รหัสสี (Color Code)	แถบสีที่ 1 ตำแหน่ง 1	แถบสีที่ 2 ตำแหน่ง 2	แถบสีที่ 3 ตัวคูณ	แถบสีที่ 4 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
ดำ	0	0	1	20%(M)
น้ำตาล	1	1	10	1%(F)
แดง	2	2	100	2%(G)
ส้ม	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	100,000	0.5%(D)
น้ำเงิน	6	6	1,000,000	0.25%(C)
ม่วง	7	7	-	0.1%(B)
เทา	8	8	-	0.05%(A)
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	0.1	5%(J)
เงิน	-	-	0.01	10%(K)

ตาราง 2 รหัสสีของตัวต้านทานแบบ 5 แถบสี

รหัสสี (Color Code)	แถบสีที่ 1 ตำแหน่งที่ 1	แถบสีที่ 2 ตำแหน่งที่ 2	แถบสีที่ 3 ตำแหน่งที่ 3	แถบสีที่ 4 ตัวคูณ ตัวคูณ 0	แถบสีที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด
ดำ	0	0	0	1	-
น้ำตาล	1	1	1	10	1%(F)
แดง	2	2	2	100	2%(G)
ส้ม	3	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	5	100,000	0.5%(D)
น้ำเงิน	6	6	6	1,000,000	0.25%(C)
ม่วง	7	7	7	-	0.1%(B)
เทา	8	8	8	-	0.05%(A)
ขาว	9	9	9	-	-
ทอง	-	-	-	0.1	-
เงิน	-	-	-	0.01	-

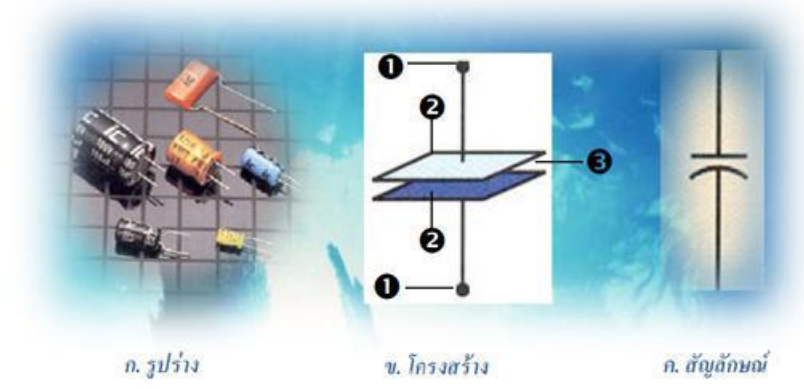
ค่าผิดพลาด หมายถึง ความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ตัวต้านทานที่มีค่าผิดพลาด 2 % หมายความว่า ความต้านทาน 100 โอห์ม ถ้าวัดด้วยมัลติมิเตอร์แล้วอ่านค่าได้ตั้งแต่ 98 โอห์ม ถึง 102 โอห์ม ถือว่าตัวต้านทานตัวนั้นอยู่ในสถานะปกติใช้งานได้ นอกจากนี้ยังมีตัวต้านทานประเภทที่พิมพ์ค่าของความต้านทานไว้บนตัวต้านทานซึ่งในตารางที่ 1 และ 2 ได้เขียนเป็นอักษรภาษาอังกฤษเอาไว้ แต่ละตัวมีความหมายดังนี้คือ

J	ค่าผิดพลาดบวกลบ	5	เปอร์เซ็นต์
K	ค่าผิดพลาดบวกลบ	10	เปอร์เซ็นต์
M	ค่าผิดพลาดบวกลบ	20	เปอร์เซ็นต์
F	ค่าผิดพลาดบวกลบ	1	เปอร์เซ็นต์
G	ค่าผิดพลาดบวกลบ	2	เปอร์เซ็นต์
D	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.5	เปอร์เซ็นต์
C	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.25	เปอร์เซ็นต์
B	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.1	เปอร์เซ็นต์
A	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.05	เปอร์เซ็นต์

3. ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

3.1 หลักการเบื้องต้นของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้โดยนสารตัวนำ 2 ชิ้นมาวางในลักษณะขนานใกล้ ๆ กัน แต่ไม่ได้ต่อกัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะถูกกั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) ซึ่งไดอิเล็กตริกนี้อาจจะเป็นอากาศ ไม้อัด พลาสติก เซรามิกหรือสารที่มีสภาพคล้ายฉนวนอื่น ๆ เป็นต้น (บุญสืบ โพธิ์ศรี และศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 97-109) โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแสดงดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเก็บประจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ประการคือ

1) พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท เขียนแทนด้วยอักษร A ถ้าพื้นที่หน้าตัดมากแสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อย เพราะฉะนั้น จะเห็นได้ว่าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้น จะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมาก ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะเก็บประจุได้มากเพราะมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่มากนั่นเอง

2) ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง เขียนแทนด้วยอักษร d ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ความจุจะมีค่ามาก ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย

3) ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลท ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัวจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกัน ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากัน ค่าความจุและอัตราทนแรงดันอาจแตกต่างกันออกไป สุญญากาศ เป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น การจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเกินไปก็อาจทำให้ ไดอิเล็กตริกสูญเสียสภาพจากฉนวนกลายเป็นตัวนำได้

ตาราง 3 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	วัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก
สุญญากาศ	1	ไมก้า	5.5
อากาศ	1.0006	ไมลา	3
เซรามิก	30-7500	น้ำมัน	4

จากปัจจัยทั้ง 3 ประการจึงสามารถหาค่าการเก็บประจุได้จากสมการ

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

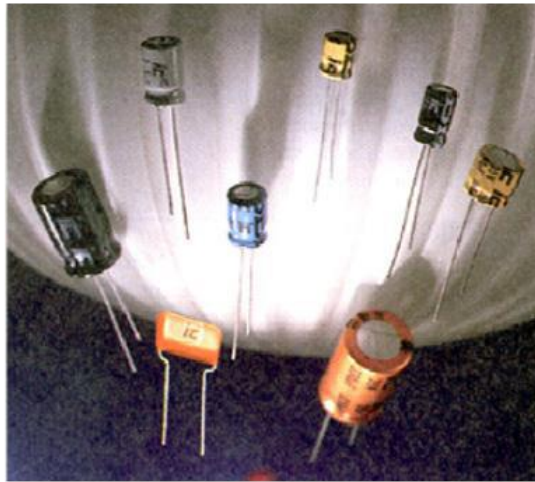
C	=	ค่าการเก็บประจุมีหน่วยเป็นฟารัด (F)
ϵ	=	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก
A	=	พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท
d	=	ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง

3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตออกมาในปัจจุบันสามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุ ตามลักษณะทางโครงสร้าง หรือตามสารที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยใช้สารไดอิเล็กตริกเป็นวิธีการ ที่ค่อนข้างละเอียด เพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวเก็บประจุตัวนั้น ๆ ว่าจะนำไปใช้งาน ในลักษณะใดทนแรงดันเท่าใด แต่ถ้าหากแบ่งตามระบบเก่า ที่เคยแบ่งกันมาจะสามารถแบ่ง ตัวเก็บประจุได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

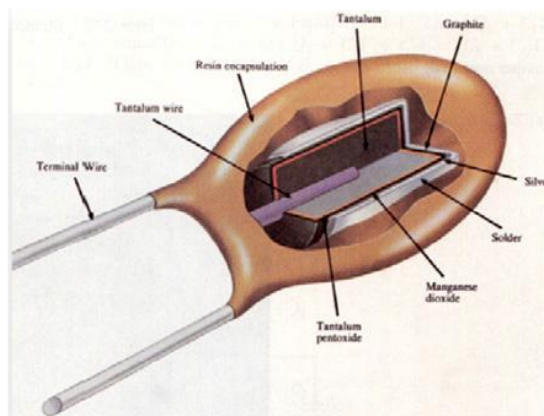
1) ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) คือ ตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก ซึ่งมักแสดงค่าที่ตัวเก็บประจุ เช่น 5 พิโกฟารัด (PF) 10 ไมโครฟารัด (uF) แผ่นเพลทตัวนำมักใช้โลหะ และมีไดอิเล็กตริกประเภท ไมก้า เซรามิก อิเล็กโตรไลติกคั่นกลาง เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลติก ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า เป็นต้น ตัวเก็บประจุ แบบค่าคงที่มีใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีดังนี้คือ

(1) ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte Capacitor) เป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะให้ค่าความจุสูง มีขั้วบวกลบ เวลาใช้งานต้องติดตั้งให้ถูกขั้ว โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง แต่มีข้อเสีย คือ กระแสรั่วไหล และความผิดพลาดสูงมาก



ภาพที่ 36 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์

(2) ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโตรไลต์ (Tantalum Electrolyte Capacitor) ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการความผิดพลาดน้อย สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้ อย่างมีประสิทธิภาพ มักจะใช้ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโตรไลต์ แทนชนิดอิเล็กโตรไลต์ธรรมดา เพราะให้ค่าความจุสูงเช่นกัน โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นตัวนำ ทำมาจากสารแทนทาลัม และ แทนทาลัมเปอร์ออกไซด์อีกแผ่น นอกจากนี้ยังมีแมงกานีสไดออกไซด์ เงิน และเคลือบด้วยเรซิน



ภาพที่ 37 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโตรไลต์

(3) ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์ (Bipolar Capacitor) นิยมใช้กันมากในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องขยายเสียง เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโตรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวกลบ บางครั้งเรียกสั้น ๆ ว่าไบแคป



ภาพที่ 38 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์

(4) ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด (μF) นิยมใช้กันทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุ ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกคือมีการสูญเสียมาก



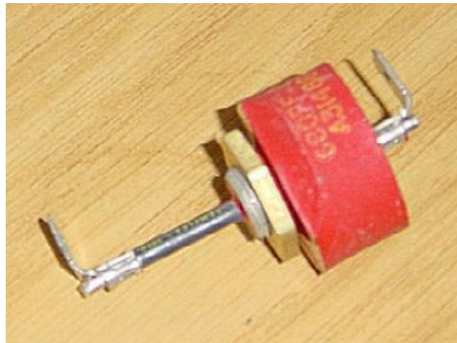
ภาพที่ 39 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

(5) ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์ (Mylar Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่ามากกว่า 1 ไมโครฟารัด (μF) เพราะฉะนั้นในงานบางอย่างจะใช้ไมลาร์แทนเซรามิก เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสน้อยกว่าชนิดเซรามิก เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูงวงจรภาคไอเอฟของวิทยุ โทรทัศน์ ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์จะมีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิก ในอัตราทนแรงดันที่เท่ากัน



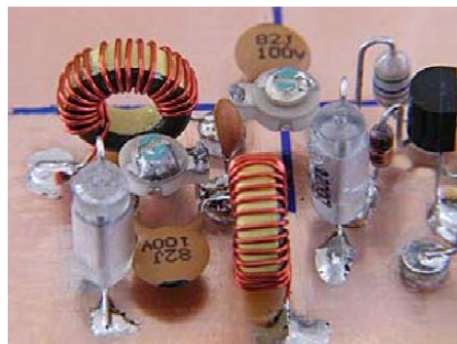
ภาพที่ 40 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์

(6) ตัวเก็บประจุชนิดฟีดท루 (Feed-through Capacitor) ลักษณะโครงสร้างเป็นตัวยาวทรงกลม มีขาใช้งานหนึ่งหรือสองขา ใช้ในการกรองความถี่รบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์ มักนำมาใช้ในวิทยุรถยนต์



ภาพที่ 41 ตัวเก็บประจุชนิดฟีดท루

(7) ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อยระดับนาโนฟารัด (nF) มีข้อดีคือ ให้ค่าการสูญเสียและกระแสรั่วไหลน้อยมาก นิยมใช้งาน คัปปลิงความถี่วิทยุและวงจรที่ต้องการความละเอียดสูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนับเกรด A



ภาพที่ 42 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน

(8) ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า (Silver Mica Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุ ที่มีค่า 10 พิโกฟารัด (pF) ถึง 10 นาโนฟารัด (nF) มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อย นิยมใช้กับวงจร ความถี่สูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนับเกรด A อีกชนิดหนึ่ง



ภาพที่ 43 ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า

2) ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ค่าการเก็บประจุ จะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 แผ่น หรือมากกว่า วางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่ ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้ ได้อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกัน คือ อากาศ ไมก้า เซรามิก และพลาสติก เป็นต้น

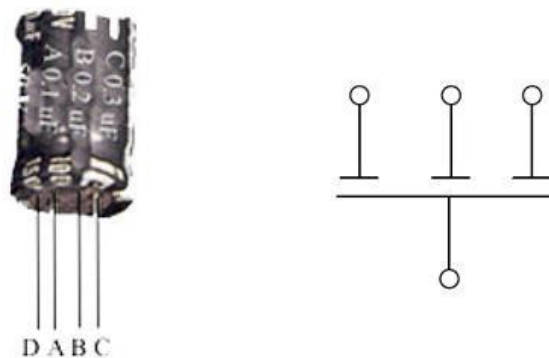
ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้อีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดีคือทริมเมอร์ และแพดเดอร์ (Trimmer and Padder) โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 แผ่นวางขนานกัน ในกรณีที่ต้องการปรับค่าความจุ ให้ใช้ไขควงหมุนสลักตรงกลางค่าที่ปรับจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 พิโกฟารัด (pF) ถึง 20 พิโกฟารัด (pF) การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบนี้ว่าทริมเมอร์หรือแพดเดอร์นั้น ขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปต่อในลักษณะใด ถ้านำไปต่อขนานกับตัวเก็บประจุตัวอื่นจะเรียกว่า ทริมเมอร์ แต่ถ้านำไปต่ออนุกรม จะเรียกว่า แพดเดอร์



ภาพที่ 44 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

3) ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือ ตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่า ดังแสดงในรูปที่ 44



ภาพที่ 45 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้

3.4 หน่วยความจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุ หมายถึง ความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) เขียนแทนด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเอฟ (F) ตัวเก็บประจุที่มีความสามารถในการเก็บประจุได้ 1 ฟารัด หมายถึง เมื่อป้อนแรงเคลื่อนจนวน 1 โวลต์ จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ ในเวลา 1 นาติ ให้กับแผ่นเพลททั้งสอง สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ 1 คูลอมป์ ในงานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ จะไม่ค่อยนิยมใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากเป็นฟารัด เพราะฉะนั้นค่าของตัวเก็บประจุที่พบในวงจรต่าง ๆ จึงมีค่าเพียง ไมโคร นาโน และพิโกฟารัด ค่าต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

1 ฟารัด (F)	เท่ากับ	1,000,000	ไมโครฟารัด (μ F)
1 ไมโครฟารัด (μ F)	เท่ากับ	1,000	นาโนฟารัด (nF)
1 นาโนฟารัด (nF)	เท่ากับ	1,000	พิโกฟารัด (pF)

ค่าความจุจะพิมพ์ติดไว้บริเวณตัวเก็บประจุ ตัวอย่างเช่น 100 V 150 μ F , 10 μ F 50 V 0.01 μ F ตัวเก็บประจุบางตัวแสดงค่าเป็นรหัสตัวเลข เช่น 103 วิธีการอ่านค่าจะใช้วิธีเดียวกับการอ่านค่าแถบสีตัวต้านทาน สีที่ 1 และ 2 จะเป็นตัวตั้ง ส่วนสีที่ 3 หมายถึงตัวคูณ แล้วอ่านค่า เป็นหน่วยพิโกฟารัด เช่น เขียนตัวเลข 103 บนตัวเก็บประจุ จะอ่านค่าได้ 10 และเติม 0 ไปอีก 3 ตัว ทำให้ได้ค่า 10,000 pF หรือมีค่าเท่ากับ 0.01 μ F

3.5 การอ่านค่าความจุ

การอ่านค่าความจุสามารถกระทำได้ตามวิธีที่อธิบายดังกล่าว แต่ในปัจจุบันตัวเก็บประจุได้ผลิตออกมามากมาย วิธีการอ่านก็มีหลากหลายวิธีมาก ดังนั้นผู้เขียนจะแสดงรูป และอธิบายวิธีการอ่านแต่ละตัวพอสังเขป เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้ตัวเก็บประจุได้แสดงค่าผิดพลาด และอัตราทนแรงดันไว้บนตัวเป็นอักษรภาษาอังกฤษเอาไว้แต่ละตัวมีความหมายดังนี้คือ

ตาราง 4 อักษรที่บอกค่าผิดพลาดและอัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุ

อักษรตัวที่ 1	ค่าความผิดพลาด(%)	อักษรตัวที่ 2	อัตราทนแรงดัน(VDC)
D	5	A	50
F	1	B	125
G	2	C	160
H	2.5	D	250
J	5	E	350
K	10	G	700
M	20	H	1,000

หน่วยความจุที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยพิโกฟารัดและไมโครฟารัด เมื่ออ่านค่าเป็นพิโกฟารัด และต้องการแปลงเป็นหน่วยไมโครฟารัด สามารถทำการเทียบหน่วย จาก 1,000,000 พิโกฟารัด เท่ากับ 1 ไมโครฟารัด แล้วเทียบค่าออกมา

3.6 การต่อวงจรใช้งาน

การต่อวงจรตัวเก็บประจุมีอยู่ 3 แบบ คือ วงจรรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม ในรายละเอียดบางอย่างอาจจะไม่เหมือนกับการต่อตัวต้านทาน ดังนี้

1) วงจรรอนุกรม คือ การนำเอาตัวเก็บประจุตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป มาต่ออนุกรมหรือต่ออันดับกัน การต่อลักษณะนี้จะทำให้พื้นที่รวมของแผ่นเพลทลดลง แต่ความหนาของไดอิเล็กตริก จะเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การเก็บประจุรวมมีค่าน้อยลง อัตราทนแรงไฟมากขึ้น ค่าการเก็บประจุรวมหาได้จากสูตร

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

2) วงจรขนาน คือ การนำเอาตัวเก็บประจุมาต่อขนานกัน การต่อลักษณะนี้จะทำให้พื้นที่รวมของแผ่นเพลทเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การเก็บประจุรวมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย อัตราทนแรงไฟ (VV) สูงสุดของวงจรมีค่าเท่ากับตัวที่มีอัตราทนแรงไฟน้อยที่สุด ค่าการเก็บประจุรวมคำนวณจากการรวมพื้นที่ของแผ่นเพลททุกแผ่นรวมกัน หาได้จากสูตร

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

3) วงจรผสม คือ การนำเอาตัวเก็บประจุมาอนุกรมและขนานในวงจรเดียวกัน

3.7 การตรวจสอบตัวเก็บประจุ

การตรวจสอบตัวเก็บประจุว่าดีหรือเสียนั้นจะใช้มัลติมิเตอร์แบบเข็มวัดตัวเก็บประจุ ที่มีค่าตั้งแต่ 1 ไมโครฟารัดขึ้นไป ในกรณีที่ค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด เข็มมิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงน้อย ทำให้ดูยาก วิธีการวัดนั้นเริ่มจากปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่าน $R \times 1 \text{ k}\Omega$ แล้วนำสายมิเตอร์ไปสัมผัสที่ขา ของตัวเก็บประจุ ในกรณีที่ตัวเก็บประจุมีขั้วต้องวัดให้ถูกขั้วด้วย แล้วสังเกตเข็มมิเตอร์ดังนี้

1) วัดแล้วเข็มชี้ไปทางขวามือ ถ้าความจุมากเข็มจะชี้ไปมาก รอเวลาระยะหนึ่งเข็มมิเตอร์จะตกกลับมาทางซ้ายเหมือนเดิม แสดงว่าตัวเก็บประจุใช้งานได้

2) วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น ถ้าสลับสายมิเตอร์แล้วยังไม่ขึ้นอีก แสดงว่าตัวเก็บประจุขาด

3) วัดแล้วเข็มขึ้นค้าง ถ้าสลับสายมิเตอร์แล้วยังเหมือนเดิม แสดงว่าตัวเก็บประจุรั่ว

4) วัดแล้วเข็มชี้ไปทางขวาสุดแล้วค้าง แสดงว่าตัวเก็บประจุช็อต

การวัดค่าต่าง ๆ เช่น ความจุ ความต้านทาน แรงดัน และค่าคงที่ไดอิเล็กตริก สามารถใช้เครื่องมือทดสอบตัวเก็บประจุวัดค่าได้คือ เครื่องมือที่ชื่อว่ายูนิเวอร์แซลแอลซีอาร์มิเตอร์ (Universal LCR Meter) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ทดสอบ วิเคราะห์ค่าของตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ

2.3 ทักษะกระบวนการ

1. ความหมายของทักษะกระบวนการ

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการไว้ ดังนี้

สงบ ลักษณะ (2554, หน้า 31) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการไว้ว่า หมายถึง ทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต การเอาตัวรอด มีความสามารถทางการคิดเป็นแก้ปัญหาเป็นปฏิบัติเป็น มีคุณภาพในการดำเนินงานต่าง ๆ ทั้งทางส่วนตัว งานอาชีพ งานสังคม และส่งเสริมการใช้ชีวิตแบบประชาธิปไตย

ชอบ สีซอ (2556, หน้า 54) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการไว้ว่าความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องแม่นยำ เป็นความหมายเชิงกระบวนการ

วิไลวรรณ เชื้ออุ้น (2553, หน้า 18) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการไว้ว่า หมายถึงข้อสรุปของกระบวนการทำงาน เพื่อให้ผู้เรียนมีลักษณะที่ดีในการทำงาน คือ สามารถคิดเป็น แก้ปัญหาเป็น ปฏิบัติเป็น มีคุณภาพในการดำเนินงาน และสามารถอยู่รวมในสังคมได้

จากการศึกษาพอสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการ หมายถึง ทักษะกระบวนการปฏิบัติ หรือกระบวนการทำงานที่ครบขั้นตอนและเป็นกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนา ช่วยให้ผู้เรียนคุณลักษณะคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ใช้ปัญญาความสามารถคิดวิเคราะห์ วางแผนการกระทำต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอน ใฝ่ใคร่ครวญการกระทำอย่างไม่ประมาท มีการประเมินและปรับปรุงการกระทำ ทำให้เกิดการพัฒนารวมอยู่

2. ขั้นตอนของทักษะกระบวนการ

กลุ่มสาระการเรียนรู้งานอาชีพและเทคโนโลยีเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่อาศัยเรื่องของการปฏิบัติ เพื่อฝึกนิสัยในการทำงานและการเตรียมผู้เรียนไปสู่อาชีพ ฉะนั้นกลุ่มสาระนี้จะเน้นทักษะ 4 ทักษะคือ

- 1) ทักษะในการปฏิบัติงาน (กระบวนการฝึกทักษะทางการปฏิบัติ)
- 2) ทักษะในกระบวนการทำงาน (กระบวนการทำงาน)
- 3) ทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น (กระบวนการกลุ่ม)
- 4) ทักษะการแก้ปัญหา

รายละเอียดของกระบวนการต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอนมีดังนี้ (กรมวิชาการ. 2542, หน้า 16)

1. กระบวนการฝึกทักษะปฏิบัติ มีขั้นตอนการฝึกดังนี้

- 1) สังเกต คือ ให้ผู้เรียนสังเกตเรื่องราวหรือสิ่งที่ปฏิบัติด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น พาไปดู นำสิ่งของให้ดู เพื่อให้เกิดการเรียนรู้

- 2) ทำตามแบบ คือ ผู้เรียนดูต้นแบบที่ครูนำมาแสดงหรือแนะนำ และทำตามครู อย่างเป็นขั้นตอน

3) ทำเองโดยไม่มีแบบ คือ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานด้วยตนเองโดยไม่มีครูเป็นต้นแบบ แต่ใช้ใบงานหรือเอกสารเป็นแนวทาง

4) ทำเองอัตโนมัติ คือ การลงมือปฏิบัติโดยผู้เรียนวางแผนริเริ่มงานเองดัดแปลง/ออกแบบเอง และทำจนคล่องแคล่ว

2. กระบวนการในการทำงาน มีขั้นตอนการฝึกดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์งาน คือ การแจกแจงว่างานที่ทำเป็นประเภทใด ต้องใช้เครื่องมืออะไร และมีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไร

2) การวางแผนในการทำงาน คือ การวางแผนจัดคน วัสดุ อุปกรณ์ เงิน และวิธีการทำงาน เพื่อให้งานเสร็จตามเป้าหมาย

3) การปฏิบัติงานเป็นการดำเนินงานตามแผน ซึ่งในเรื่องนี้มีขั้นตอนที่สำคัญการควบคุม ติดตาม กำกับ หมายถึง ต้องมีการติดตามและควบคุมงานเป็นระยะ ๆ เพื่อให้งานดำเนินไปตามแผน

4) การประเมินผลการทำงาน เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ต้องทำ เพื่อหาข้อบกพร่องวิธีแก้ไข และปรับปรุงงานให้ดีขึ้น

3. กระบวนการในการทำงานร่วมกับผู้อื่น หมายถึง กระบวนการในการทำงานแบบเป็นกลุ่ม องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้การทำงานเป็นกลุ่มประสบผลสำเร็จ ได้แก่

1) การมีทักษะที่จำเป็นในการทำงานเป็นกลุ่ม ได้แก่ ทักษะในการพูด ฟังอภิปราย ประสานความคิดและสรุปเหตุผล การเสนอผลงาน การทำหน้าที่เลขานุการกลุ่ม หัวหน้าและสมาชิกกลุ่ม

2) การมีทักษะในกระบวนการทำงาน

3) การมีคุณธรรมในการทำงานร่วมกัน ได้แก่ ความรับผิดชอบ ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ การไม่เอาเปรียบผู้อื่น เป็นต้น

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานของกลุ่ม ประกอบด้วย ขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ (กรมวิชาการ. 2554, หน้า 169)

1) การเลือกหัวหน้ากลุ่มโดยการลงคะแนนเสียงด้วยเหตุผลและการหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนกันในการทำงานแต่ละครั้ง

2) การกำหนดเป้าหมายให้ตกลงกันว่าเป้าหมายของงานคืออะไร อยู่ที่ใด

3) การวางแผนการทำงาน มีการร่วมกันวางแผนว่าจะทำอะไรบ้าง จะทำอะไรก่อนหลัง จะทำงานอย่างไร มีขั้นตอนการทำงานอย่างไร

4) แบ่งงานกันทำตามความสามารถให้แบ่งงานกันทำตามความถนัดของแต่ละบุคคล

5) ลงมือปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่และขั้นตอนการปฏิบัติงานที่วางแผนไว้

6) ประเมินผลและปรับปรุงการทำงาน งานที่ทำมีผลอะไร มีข้อดี ข้อเสียอย่างไร จะปรับปรุงงานอย่างไร

4. ทักษะกระบวนการแก้ปัญหา

กระบวนการแก้ปัญหา เป็นกระบวนการที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดในวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ มีขั้นตอน ดังนี้

1) สังเกตผู้เรียนศึกษาข้อมูล รับรู้ และทำความเข้าใจในปัญหาจนสามารถหาข้อสรุปแล้วตระหนักในปัญหานั้น

2) วิเคราะห์ผู้เรียนศึกษาข้อมูล รับรู้ และทำความเข้าใจในปัญหาจนสามารถหาข้อสรุปแล้วตระหนักในปัญหานั้น

3) สร้างทางเลือกเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย ซึ่งอาจมีการทดลอง ค้นคว้า ตรวจสอบเพื่อเป็นข้อมูลประกอบ กรณีที่ให้ผู้เรียน ทำกิจกรรมกลุ่ม ควรมีกำหนดหน้าที่ในการทำงาน

4) ประเมินทางเลือก พิจารณาข้อมูลของทางเลือกต่าง ๆ ประเมินทางเลือกผู้เรียนวางแผนปฏิบัติ และบันทึกการปฏิบัติงาน เพื่อรายงานและตรวจสอบความถูกต้องของทางเลือก

3. การแปลความหมายของทักษะกระบวนการ

สงบ ลักษณะ (2554, หน้า 34-35) ได้กล่าวถึง การแปลความหมายของทักษะกระบวนการไว้ดังนี้

3.1 การตระหนักในปัญหาและความจำเป็น

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

- (1) ระบุประเด็นปัญหาและความจำเป็น
- (2) อธิบายคุณประโยชน์ หรือโทษจากปรากฏการณ์ หรือของการกระทำ
- (3) บอกผลที่ตามมา ถ้าปรากฏการณ์หรือการกระทำนั้นไม่ได้รับ การแก้ไข และผลดีที่จะเกิดขึ้นเมื่อปัญหานั้นได้รับการแก้ไข

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ศึกษาข้อมูลจากหลายกรณีแล้วตอบคำถาม

- (1) ข้อมูลแสดงถึงอะไร อย่างไร
- (2) ผลที่เกิดขึ้นคืออะไร เป็นที่ต้องการหรือไม่
- (3) ถ้าไม่เป็นที่น่าพอใจ อะไรเป็นปัญหา
- (4) ยังมีอะไรที่เราสงสัยหรือควรหาความรู้อีกบ้าง
- (5) ถ้าสิ่งนี้ไม่ดี จะบังเกิดผลกระทบอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้
- (6) เราปรารถนาจะให้บังเกิดผลอะไรที่แตกต่างไปจากเดิมบ้าง

3.2 คิดวิเคราะห์

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

- (1) บอกความแตกต่าง ความคล้ายคลึง
- (2) บอกสาเหตุ บอกผลที่ตามมา
- (3) บอกองค์ประกอบย่อย ๆ จัดลำดับความสำคัญ
- (4) บอกความสัมพันธ์ของส่วนประกอบหรือเหตุการณ์
- (5) บอกหลักการที่ได้จากความสัมพันธ์ต่าง ๆ
- (6) จัดประเภท อุปมาอุปมัย สรุปเป็นความคิดรวบยอด
- (7) ระบุจุดเด่น จุดด้อย พร้อมด้วยหลักฐานหรือเหตุผล

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้เรียนศึกษารายกรณี ศึกษาผลผลิต สังเกตเหตุการณ์ สังเกตผลการปฏิบัติงาน ผลการทดลองตอบคำถามต่าง ๆ เช่น

- (1) สิ่งที่เกิดขึ้นต่างกันอย่างไร
- (2) อะไรคล้ายคลึงกัน
- (3) จัดประเภทต่าง ๆ อะไรเข้าพวกไม่เข้าพวก
- (4) อะไรเป็นส่วนประกอบ อะไรสำคัญที่สุด
- (5) อะไรเป็นสาเหตุ อะไรคือผล
- (6) สิ่งใดเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันภายในหลักการหรือกฎเกณฑ์อย่างไร
- (7) อะไรดี อะไรบกพร่อง จะแก้ไขส่วนบกพร่องอย่างไร
- (8) จัดลำดับได้อย่างไร อะไรสำคัญมากน้อย
- (9) สรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือหลักการว่าอย่างไรดี

3.3 สร้างทางเลือกที่หลากหลาย

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

จุดประสงค์

- (1) จากจุดประสงค์ที่กำหนด สามารถบอกแนวทางได้หลายแนวทางที่จะไปสู่
- (2) ระบุส่วนดี ส่วนเสียได้หลายแห่ง หลายมุม
- (3) นำสิ่งที่กำหนดให้มาจัดรูปแบบได้หลายอย่าง
- (4) รับฟังความคิดเห็นได้หลายอย่าง
- (5) ปรับเปลี่ยนความเชื่อ ความรู้ไปตามข้อมูลที่มีเหตุผลที่ดีกว่า

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้เรียนทำกิจกรรมระดมสมองค้นหาแนวทางใหม่ ๆ อย่างอิสระ ไม่มีการประเมินระหว่างระดมสมอง ตอบคำถามต่าง ๆ เช่น

- (1) สิ่งนี้ใช้ทำอะไรได้บ้าง
- (2) จากของที่มีจะจัดได้กี่วิธี
- (3) ถ้าต้องการผลอย่างนี้ ควรทำอะไรบ้าง ก็อย่าง
- (4) ผลสิ่งนี้มีผลดี ผลเสียก็อย่าง ต่อใครบ้าง อย่างไร
- (5) ทำอย่างไรบ้างที่จะแก้ปัญหานี้ได้ ระบุวิธีให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้
- (6) มีแนวทางอะไรบ้างที่น่าปฏิบัติหรือทดลอง เพื่อให้ได้ผลที่ต้องการ

3.4 ประเมินและเลือกทางเลือก

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

- (1) จากทางเลือกต่าง ๆ สามารถบอกจุดเด่นจุดด้อยของแต่ละทางเลือกได้

(2) จากเงื่อนไขปัจจัยความสามารถและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ สามารถระบุทางเลือก ที่เหมาะสมกับข้อจำกัดและปัจจัย

(3) เปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ โดยบอกข้อจำกัด ปัจจัย และผลดีที่จะได้รับของแต่ละทางเลือกได้

(4) ระบุทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด มีข้อจำกัดน้อย ปัจจัยมาก และผลสูง

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

เมื่อผู้เรียนได้กำหนดวัตถุประสงค์และมีทางเลือกหลายทางมาก่อนแล้ว ผู้เรียนควรมีกิจกรรมศึกษาทางเลือกภายใต้เงื่อนไข และสรุปทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด อาจตอบคำถามต่าง ๆ เช่น

(1) ทางเลือกแต่ละทางมีข้อจำกัดอะไรบ้าง

(2) ทางเลือกแต่ละทางมีปัจจัยความพร้อมสูงต่ำต่างกันอย่างไร

(3) ทางเลือกใดที่มีผลดีมากกว่ากันทั้งต่อตนเอง ต่อสังคม ต่อสิ่งแวดล้อม

(4) ทางเลือกใดมีทางนำมาใช้ได้มากที่สุด เพราะเหตุใด

(5) ความง่าย ความยากของทางเลือกคืออะไร

(6) ถ้าเลือกแล้วจะต้องทำอะไรและมีผลอย่างไร

3.5 กำหนดและลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

บอกจุดมุ่งหมายได้ ลำดับขั้นตอนให้ไปสู่จุดหมายได้ ระบุกิจกรรม เวลาวิธีปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนได้

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

จัดกิจกรรมเป็นงานปฏิบัติให้ตรงกับกระบวนการของศาสตร์นั้น โดยเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมคิด พูด เขียน ปฏิบัติ การมอบงานให้ปฏิบัติอาจกระตุ้นให้นักเรียนคิด วางแผนเช่น

(1) วัตถุประสงค์ที่ต้องการคืออะไร

(2) งานนี้ได้กำหนดส่วนประกอบอะไรบ้างมาให้แล้วบ้าง

(3) จะต้องปฏิบัติเป็นขั้นตอนอะไรบ้างจึงจะบรรลุวัตถุประสงค์

(4) จะต้องค้นหาหรือให้ได้คำตอบอะไรตามลำดับ

(5) การจะได้คำตอบแต่ละขั้นตอนนั้นควรมีการปฏิบัติอย่างไร ใครทำอะไรกับใคร ที่ใด นานเท่าไร ใช้อะไรช่วยบ้าง

(6) มีเกณฑ์อะไรที่จะรู้ว่าการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนนั้นถูกต้องเหมาะสม

3.6 ปฏิบัติด้วยความชื่นชม

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

(1) บอกสิ่งที่จะต้องใช้ในการปฏิบัติได้

(2) ระบุเทคนิควิธีการปฏิบัติได้

(3) ลงมือปฏิบัติตามแผนการที่วางไว้ได้

(4) เมื่อมีโอกาสจะรีบทำให้เสร็จเสมอโดยไม่ต้องมีใครบังคับหรือขอร้อง

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

เป็นชั้นมอบงานให้ปฏิบัติ ครูอาจกระตุ้นด้วยคำถามต่าง ๆ เช่น

- (1) จะเริ่มต้นอย่างไร
- (2) ถ้าทำมาถึงตรงนี้แล้วควรได้ผลอะไร
- (3) ถ้าทำแล้วไม่ได้ผลแปลว่าอะไร
- (4) จงบันทึกกิจกรรม ปฏิบัติและนำเสนอ

3.7 พฤติกรรมที่บ่งชี้

- 1) ระบุข้อดี ข้อบกพร่องของการปฏิบัติแต่ละขั้นตอน
- 2) ระบุสาเหตุที่ทำให้ไม่ได้ผล ตามที่ต้องการใจแต่ละขั้นตอน
- 3) ถ้าไม่ได้ผลตามที่คาดหวังในขั้นนี้ อะไรเป็นสาเหตุ
- 4) อะไรเป็นข้อผิดพลาด ข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุง
- 5) จงบอกเหตุผลที่เกิดขึ้นถ้าไม่มีการปรับปรุงแก้ไขในขั้นที่บกพร่องนั้น
- 6) ระบุปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานแต่ละขั้น และวิธีการที่ใช้ปรับปรุง

3.8 ปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

- (1) ระบุสิ่งที่ควรปรับปรุงถ้าการปฏิบัติในบางขั้นไม่ได้ผลเท่าที่ควร
- (2) ระบุวิธีการแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องนั้น
- (3) ระบุความเดือดร้อน หรือแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ปรับปรุงการปฏิบัติ
- (4) ปรับปรุงการปฏิบัติให้แตกต่างไปจากเดิมในขั้นตอนที่พบว่าบกพร่อง
- (5) ตรวจสอบได้ด้วยตนเองว่าผลการปรับปรุงเป็นที่น่าพอใจดีขึ้นกว่าเดิมอย่างไร

ถูกต้องเหมาะสมเพียงไร (สงบ ลักษณะ. 2554, หน้า 34-35)

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

เป็นกิจกรรมสืบเนื่องจากทักษะ 6 และ 7 ซึ่งในขั้นนี้ครูอาจกระตุ้นด้วยคำถามต่าง ๆ เช่น

- (1) ผลที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวังนั้นจะต้องแก้ไขปรับปรุงจุดใด อย่างไร
- (2) การปรับปรุงนั้นจะต้องไปหาข้อมูลหรือความรู้อะไรจากที่ใด
- (3) ควรหาทางใหม่ ๆ อะไรบ้างมาใช้เพื่อให้บังเกิดผลดีขึ้น
- (4) จะต้องฝึกฝนเพิ่มเติมตรงจุดใด หรือไม่
- (5) ได้แก้ปัญหายุทธของการดำเนินงานอย่างไร
- (6) เมื่อได้ปรับปรุงไปแล้ว ผลดีขึ้นหรือไม่ รู้ได้อย่างไร
- (7) ถ้าผลยังไม่ดีขึ้นควรทำอย่างไร
- (8) เปิดโอกาสและยอมรับคำติชม หรือข้อเสนอแนะจากผู้อื่นเพียงใด

3.9 ประเมินผลรวมเพื่อให้เกิดความภูมิใจ

1) พฤติกรรมที่บ่งชี้

- (1) ระบุสิ่งที่ทำได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์
- (2) บอกผลดี คุณประโยชน์ ความสำคัญของสิ่งที่ทำได้สำเร็จ

2) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

การประเมินผลรวมอาจทำได้เมื่อเรียนครบ 1 เรื่อง 1 หน่วย ซึ่งผู้เรียนจะทราบวัตถุประสงค์ตั้งแต่ตอนเริ่มต้น ครูควรฝึกให้ผู้เรียนประเมินการบรรลุผลตามจุดประสงค์หรือประเมินความสำเร็จของงานที่มีการวางแผน มีการปฏิบัติเป็นขั้นตอน ผู้เรียนควรได้สรุปรายงานผลการปฏิบัติโดยพิจารณาความสำเร็จตามสิ่งที่มุ่งหวังไว้ ครูอาจกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถาม เช่น

- (1) ที่ทำงานครั้งนี้ เป้าหมายความสำเร็จคืออะไร
- (2) จะรู้ได้อย่างไรว่าทำงานสำเร็จ
- (3) สำเร็จมากสำเร็จน้อยควรให้เกณฑ์อะไรตัดสิน
- (4) จากผลการปฏิบัติบอกได้ไหมว่ามีความสำเร็จมากน้อยเพียงใด
- (5) ความสำเร็จที่ได้รับนี้มีประโยชน์อะไรต่อใครบ้าง
- (6) จะนำผลไปใช้อย่างไรทั้งปัจจุบันและอนาคต
- (7) มีส่วนใดที่ทำแล้วตนเองพอใจและภูมิใจมาก

นอกจากนี้ยังมีกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมที่แสดงถึงทักษะกระบวนการ

ดังนี้

- (1) ครูสอน/ให้นักเรียนทำ/วัดผล
- (2) เอาผู้มีประสบการณ์มาสอน/นักเรียนทำ/วัดผล
- (3) มีของจริงให้ทำจริง/วัดผล
- (4) ทำเองทั้งหมด (เด็กทำเอง/วัดผล)

4. ประโยชน์ของการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการจะทำให้ครูช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดศักยภาพ ประสพการณ์ในกระบวนการต่าง ๆ และทักษะกระบวนการ อันจะมีผลต่อการปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 6 ประการ

1) เป็นผู้ทำงานโดยนี้ถึงความจำเป็น ประโยชน์ และคุณค่าของงานที่มีต่อส่วนรวม ก่อนลงมือปฏิบัติ

- 2) เป็นผู้มีจิตใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นที่หลากหลายไม่ยึดติดความคิดเดียว
- 3) เป็นผู้ที่ตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติอย่างใช้เหตุผล ไม่มีความลำเอียง
- 4) เป็นผู้ที่คิดวางแผนล่วงหน้าก่อนลงมือทำงานทุกครั้ง
- 5) เป็นผู้ที่ยึดติดตามตรวจสอบผลงาน และปรับปรุงงานให้ดีขึ้นกว่าเดิมอยู่เสมอ
- 6) เป็นผู้ที่มีความพอใจในการทำงาน และปฏิบัติงานทุกครั้งด้วยความเอาใจใส่อย่างสม่ำเสมอ

5. การวัดและประเมินผลที่เน้นกระบวนการ

การวัดผลและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องเน้นการจัดกระบวนการสอดแทรกไปกับการวัดพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนไปพร้อม ๆ กับการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เป้าหมายของการวัดผลและประเมินผลที่เน้นกระบวนการมี 3 ประการ คือ

1) วัดผู้เรียนว่าเข้าใจและรับรู้ขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการและเกิดการเรียนรู้ทั้งกระบวนการหรือไม่

2) วัดผู้เรียนว่านำกระบวนการไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้เพียงใด

3) วัดผู้เรียนว่ามีนิสัยในการใช้กระบวนการในชีวิตประจำวันหรือไม่

โดยสรุป ทักษะกระบวนการเป็นกระบวนการปฏิบัติ หรือกระบวนการทำงานที่ครบขั้นตอน และเป็นกระบวนการในการพัฒนา ช่วยให้ผู้เรียนคุณลักษณะคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ใช้ปัญญาความสามารถคิดวิเคราะห์ วางแผนการกระทำต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอน ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เน้นทักษะการปฏิบัติ และทักษะกระบวนการในการทำงาน ซึ่งจะมีขั้นตอนการวิเคราะห์งานการวางแผนในการทำงาน การปฏิบัติงานซึ่งเป็นการดำเนินงานตามแผนการเรียนรู้ และการประเมินผลการทำงาน โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะเน้นกระบวนการในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

2.4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ได้มีผู้ให้ความหมายของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่จัดทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อทำการสอนรายวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้สื่ออุปกรณ์ และการวัดผลประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่วิเคราะห์มาจากเจตนารมณ์ของหลักสูตรและความพร้อมของผู้เรียนและโรงเรียน (นิยม ทิพย์จักร. 2540, หน้า 11)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การวางแผนการสอน วิชาใดวิชาหนึ่งที่จัดทำไว้ เป็นลายลักษณ์อักษร เป็นการกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของวิชา เนื้อหาสาระ การใช้สื่อ และการวัดผลประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนวิชานั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตร (วัฒนาพร ระบุว่าทุกข. 2543, หน้า 1)

2. ลักษณะของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี

สงบ ลักษณะ (2554, หน้า 20) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี จะต้องมียละเอียดชัดเจนถึงกิจกรรมนักเรียน บทบาทของครู การใช้สื่อ การวัดผล จนผู้อ่านมองเห็นภาพพฤติกรรมจริง ๆ ในห้องเรียนได้สมบูรณ์ จึงถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี และไม่จำเป็นต้องทำบันทึกการสอนอีกก็ได้ เพราะแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ชัดเจนใช้แทนบันทึกการสอนได้ ข้อคิดเบื้องต้นในการจัดกิจกรรมสอนที่เน้นกระบวนการกล่าวไว้ว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีควรมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เข้าลักษณะ 4 ประการ คือ

1) เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมให้ผู้เรียนเป็นผู้ได้ลงมือปฏิบัติ ให้มากที่สุด โดยครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะ ส่งเสริม หรือกระตุ้นให้กิจกรรมดำเนินไปตามความมุ่งหมาย

2) เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบ หรือทำสำเร็จด้วยตนเอง โดยครูพยายามลดบทบาทจากผู้บอกคำตอบ มาเป็นผู้คอยกระตุ้นด้วยคำถาม หรือปัญหา ให้ผู้เรียนคิดแก้หรือหาแนวทางไปสู่ความสำเร็จในการทำกิจกรรมเอง

3) เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นทักษะกระบวนการ มุ่งให้ผู้เรียนรับรู้ และนำกระบวนการไปใช้จริง

4) เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในท้องถิ่น หลีกเลี่ยงการใช้วัสดุอุปกรณ์สำเร็จรูปราคาสูง

3. ขั้นตอนการทำแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีต้องปฏิบัติได้ถูกต้อง โดยเนื้อหาสาระและเหมาะสมด้วยวิธีการดังนี้

1) ศึกษาจุดมุ่งหมาย ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านใด(สติปัญญา/เจตคติ/ทักษะ) และระดับพฤติกรรมนั้นควรเป็นระดับใดเพื่อนำมากำหนดเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้

2) ศึกษาคุณสมบัติของผู้เรียน โดยควรพิจารณาถึงพื้นฐานความรู้ และระดับ ประสบการณ์ของผู้เรียน

3) ศึกษาขอบข่ายของเนื้อหาวิชา เพื่อสอนให้ได้เนื้อหาที่ตรงเป้าหมายและเป็นไปตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

4) เลือกวิธีการสอนให้เหมาะสมกับแต่ละหัวข้อย่อย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มาก และดีที่สุด

5) เลือกใช้สื่อการสอน โดยพิจารณาสื่อที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่าย และเร็วที่สุด และสามารถใช้อย่างคุ้มค่า

6) ศึกษาสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ เช่น ความพร้อม และความเหมาะสมของวัสดุอุปกรณ์สถานที่ ทั้งนี้เพื่อให้บรรยากาศในการจัดการเรียนการสอนเป็นไปด้วยความราบรื่น และมีประสิทธิภาพสูงสุด

7) ควรมีการบันทึกหลังการสอน โดยบันทึกถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้เป็นอย่างไร และมีปัญหาในการดำเนินการสอนอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนครั้งต่อไป

4. ส่วนประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้มีรูปแบบหลากหลายอาจอยู่ในรูปของตารางหรือความเรียง ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบได้ตามความเหมาะสม แผนการจัดการเรียนรู้ควรประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

4.1 ส่วนที่ 1 : ส่วนนำ

ส่วนนำ เป็นส่วนที่กล่าวถึง คำชี้แจงการใช้แผนการเรียนรู้ คำชี้แจงสำหรับผู้สอน รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของรายวิชา โดยระบุ ชื่อหลักสูตร ประเภทวิชา สาขาวิชา รหัสวิชา และชื่อวิชา ให้รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนหน่วยกิต จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา

4.2 ส่วนที่ 2 : การจัดหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ (Unit) คือ ชื่อเรื่องหรือหัวข้อการเรียนรู้ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น โดยพิจารณาให้เหมาะสมและครอบคลุมตาม จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา รวมทั้งจุดหมาย หลักการของหลักสูตร จุดประสงค์สาขาวิชาและมาตรฐานสาขาวิชา/สาขางาน การกำหนด จำนวนหน่วยการเรียนรู้จึงขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระในรายวิชาตามระดับของหลักสูตรกิจกรรม การเรียนรู้และ เวลาที่จะใช้ โดยเริ่มจากหน่วยการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาสาระง่ายหรือเป็นความรู้พื้นฐาน ไปสู่เนื้อหาสาระที่ยาก ซับซ้อนหรือต้องมีการประมวลองค์ความรู้มาปฏิบัติ/ประยุกต์ใช้ต่อเนื่องตามลำดับ เช่น

หน่วยที่ 1 เป็นหัวข้อซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาสาระที่ปูพื้นฐานความรู้ในรายวิชานั้น ๆ เช่น จะกล่าวถึงความหมาย ความสำคัญ ความรู้ทั่ว ๆ ไป

หน่วยที่ 2 เริ่มเจาะลึกในเรื่องที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ในเรื่อง ๆ นั้นเฉพาะเรื่องมากขึ้น แต่เนื้อหาสาระยังไม่ยากหรือซับซ้อนจนเกินไป

หน่วยที่ 3 เจาะลึกเฉพาะเรื่องเช่นกัน อาจมีเนื้อหาสาระที่ซับซ้อนมากขึ้นเล็กน้อย จนถึงหน่วยสุดท้ายอาจเป็นหน่วยที่สรุปและรวบรวมเนื้อหาสาระที่บูรณาการความรู้ทั้งหมดมารวมกันหรือเป็นเนื้อหาสาระที่ยากและซับซ้อนซึ่งผู้เรียนต้องใช้องค์ความรู้ตั้งแต่ต้นมาประกอบกันนอกจากนี้ผู้สอนอาจพิจารณากำหนดให้แต่ละหน่วยการเรียนรู้มีความเป็นอิสระต่อกัน หรือมีลักษณะเป็นชุดการเรียนรู้ที่เบ็ดเสร็จในตัวเองก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของรายวิชาและกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะจัดขึ้น

4.3 ส่วนที่ 3 : แผนการจัดการเรียนรู้ (องค์ประกอบที่สำคัญ)

1) สาระสำคัญ (Concept) เป็นความคิดรวบยอดหรือหลักการของเรื่องหนึ่ง ที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว

2) จุดประสงค์การเรียนรู้ (Learning Objective) เป็นการกำหนดถึงจุดประสงค์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อเรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว

3) เนื้อหา (Content) เป็นเนื้อหาที่จัดกิจกรรมและต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

4) กิจกรรมการเรียนการสอน (Instructional Activities) เป็นการเสนอขั้นตอนหรือกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนซึ่งจะนำไปสู่จุดประสงค์ที่กำหนดไว้

5) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ เป็นสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

6) การวัดผลและประเมินผล (Measurement and Evaluation) เป็นการกำหนดขั้นตอนหรือวิธีการวัดผลประเมินผลว่านักเรียนบรรลุจุดประสงค์ตามกำหนดในกิจกรรมการเรียนการสอน แยกประเมินผลเป็นประเมินผลก่อนสอน ขณะการสอนและประเมินผลหลังสอน

7) บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นการบันทึกของผู้สอน ที่จะทำการบันทึกหลังจากนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อ และการวัดผลประเมินผลไปใช้แล้ว เพื่อนำแผนไปปรับปรุง และใช้สอนในคราวต่อไป (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2562, หน้า 32-33)

5. รูปแบบของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (2562, หน้า 34) ได้เสนอแนะรูปแบบของ แผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่

รหัสวิชา

วิชา

หน่วยที่

คาบที่ชื่อหน่วย

สาระสำคัญ

.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้

.....

.....

.....

2. ด้านทักษะ

.....

.....

.....

3. คุณลักษณะที่พึงประสงค์

.....

.....

.....

เนื้อหาสาระการเรียนรู้

1. ด้านความรู้

.....

.....

.....

2. ด้านทักษะ (ปฏิบัติ)

.....

.....

3. ด้านคุณธรรม/จริยธรรม

.....

.....

.....

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. การนำเข้าสู่บทเรียน

.....

.....

.....

2. การเรียนรู้

.....

.....

.....

3. การสรุป

.....

.....

.....

4. การวัดและประเมินผล

.....

.....

.....

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อสิ่งพิมพ์

.....

.....

.....

2. สื่อโสตทัศน์

.....

.....

.....

3. หุ่นจำลองหรือของจริง

.....

.....

เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ (ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ฯลฯ)

.....

.....

.....

การบูรณาการ/สัมพันธ์กับวิชาอื่น

.....

.....

.....

การวัดผลและประเมินผล

ก่อนเรียน

.....

.....

.....

ขณะเรียน

.....

.....

.....

หลังเรียน

.....

.....

.....

การวิเคราะห์ด้วยหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

.....

.....

.....

บันทึกหลังการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ประโยชน์ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ถ้าครูได้จัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่จัดทำขึ้นเพื่อนำไปใช้สอนในคราวต่อไป แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจะเกิดประโยชน์ดังนี้

- 1) ครูรู้วัตถุประสงค์ของการสอน
- 2) ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยความมั่นใจ
- 3) ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
- 4) ครูจัดกิจกรรมการเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามเจตนาของหลักสูตร
- 5) ถ้าครูประจำชั้นไม่ได้สอน ครูสอนแทนสามารถสอนแทนตามจุดประสงค์ที่กำหนด

7. ข้อควรคำนึงในการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

- 1) เนื้อหา ต้องเขียนเป็นรายชั่วโมงตามตารางสอน โดยมีการเขียนให้สอดคล้องกับชื่อเรื่องที่อยู่ในตารางสอนและเขียนเฉพาะเนื้อหาสาระสำคัญพอสังเขป
- 2) ความคิดรวบยอด (Concept) หรือหลักการสำคัญ ต้องเขียนให้ตรงกับเนื้อหาที่จะสอน ส่วนนี้ถือว่าเป็นหัวใจของเรื่องครูต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาที่จะสอนจนเข้าใจอย่างถ่องแท้ จึงจะสามารถเขียนความคิดรวบยอดได้อย่างมีคุณภาพ
- 3) จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมต้องเขียนให้สอดคล้องกลมกลืนกับความคิดรวบยอด มิใช่เขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตามอำเภอใจ หรือเขียนสอดคล้องเฉพาะเนื้อหาที่สอนเท่านั้นเพราะถ้าเป็นเช่นนั้นจะได้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เป็นเพียงพื้นฐาน หรือเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้ความจำเท่านั้น สมรรถนะหรือความสามารถของนักเรียนจะไม่ได้ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร
- 4) กิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นนี้ควรลำดับขั้นตอน ที่คาดว่าจะสอนจริง ๆ โดยยึดเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่จะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้
- 5) สื่อที่ใช้ ควรเลือกใช้ หรือจัดทำให้สอดคล้องกับเนื้อหา โดยยึดหลักที่ว่าสื่อดังกล่าวต้องช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่าย
- 6) วัดผลโดยคำนึงถึงเนื้อหา ความคิดรวบยอด จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และช่วงที่จะทำการวัด (วัดก่อนเรียน ระหว่างเรียน หรือหลังเรียน) ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบทุกระยะว่าการสอนของครูบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ (สมนึก ภัททิยธนี. 2541, หน้า 5)

8. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีพัฒนาการและผลสัมฤทธิ์ตามจุดประสงค์และมาตรฐานรายวิชามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการดังนี้

- 1) เนื้อหาสาระ ผู้สอนต้องศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักสูตร ประเภทวิชา สาขาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา คำอธิบายรายวิชา จำนวนเวลาเรียนต่อสัปดาห์ เนื้อหาสาระที่จะถ่ายทอดความรู้ ทั้งนี้ผู้สอนอาจเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาให้มีความสอดคล้องทันสมัย นอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้ในคำอธิบายรายวิชาได้ แต่ต้องเหมาะสมกับระดับของหลักสูตรและควรพิจารณาการบูรณาการเนื้อหาสาระของรายวิชาที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน

2) กิจกรรมการเรียนรู้ ควรใช้กระบวนการที่หลากหลายในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะ กระบวนการคิด การตัดสินใจ รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรมและพฤติกรรมที่พึงประสงค์

3) การกำหนดงานมอบหมายโดยให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างความรู้ โดยใช้ข้อมูลใหม่ ๆ ควรลงมือฝึกปฏิบัติ การสร้างโครงงาน ชิ้นงาน หรือการแสดง ซึ่งจะช่วยพัฒนาสติปัญญาของผู้เรียน อันเกิดจากการปฏิบัติ

4) การวัดและประเมินผล ต้องสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ และควรให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมประเมินตนเองด้วย ทั้งนี้การวัดและประเมินผลควรใช้รูปแบบและวิธีการที่หลากหลายประเมินศักยภาพของผู้เรียนทุกด้านตามสภาพจริง (Authentic Assessment) และมีเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubric) ที่ชัดเจน

5) สื่อการสอนและแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมควรใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น สื่อโสตทัศนูปกรณ์ สื่อสิ่งพิมพ์ การใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศ ห้องสมุด ทรัพยากรบุคคล/ภูมิปัญญาท้องถิ่น และสถานที่ต่าง ๆ ในชุมชน

6) ผู้สอนต้องปรับบทบาทเป็นผู้เอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ รวมทั้งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

7) ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ แสวงหาความรู้ และร่วมประเมินผลการเรียนรู้ (สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. 2555, หน้า 35)

การวางแผนการจัดการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะและรูปแบบใดจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้เป็นสิ่งสำคัญ

1) จุดประสงค์การเรียนรู้ต้องชัดเจน

2) กิจกรรมนำไปสู่ผลการเรียนตามจุดประสงค์ได้จริง

3) ระบุพฤติกรรมของผู้เรียนและพฤติกรรมครูผู้สอนอย่างชัดเจนในการอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้

4) สื่อการเรียนการสอนจะต้องมีคุณค่า มีความหลากหลายทั้งของจริง ภาพ แผนภูมิ เอกสาร ใบความรู้

5) วิธีการวัดผลควรชัดเจนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ จะแสดงถึงการเตรียมความพร้อมของครูในการพัฒนาวิชาชีพของตนเอง และพัฒนาด้านอาชีพอีกด้วย สิ่งสำคัญควรเริ่มลงมือศึกษา และทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดทั้งนำไปใช้แล้วบันทึกผลด้วย จึงจะเกิดประโยชน์ต่อตัวผู้เรียน (สุพล วังสินธุ์. 2556, หน้า 5)

9. การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try-out) คือ นำไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ แล้วนำผลมาทำการปรับปรุงแก้ไข และนำไปทดลองจริง (Trial Run) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. และคณะ. 2521, หน้า 134-143)

9.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปเพื่อหาประสิทธิภาพมีดังนี้

1) ทดลองกลุ่มที่ไม่เข้ากลุ่มตัวอย่าง ทั้งกับเด็กก่อน ปานกลาง และเก่ง นำผลที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพ เสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น ปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองนี้จะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาก

2) ทดลองสนาม คือ ทดลองกับผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างนักเรียน 10-100 คน นำผลการทดลองที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์อีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าไม่เกินร้อยละ 25 ก็ยอมรับ แต่ถ้าหากต่างเกินมากต้องปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ต่อไป

โดยสรุป แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ล่วงหน้าเป็นลายลักษณ์อักษรเป็นการเตรียมการสอนอย่างเป็นระบบ โดยกำหนดสาระสำคัญ จุดประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งการใช้สื่อและการวัดผลประเมินผล แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ต้องนำไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้แล้วนำผล มาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองจริงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2551 หน้า 73-98) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบแต่นิยามใช้มีดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบ ที่มีเฉพาะคำถามแล้ว ให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน ซึ่งหลักในการสร้างข้อสอบดังนี้

1) เขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน ระบุจำนวนข้อคำถาม เวลาที่ใช้สอบและคะแนนเต็มของแต่ละข้อ

2) เนื่องจากข้อสอบแบบนี้มีเฉพาะคำถามและแต่ละข้อมักให้คะแนนมาก ดังนั้น ควรเขียนคำถามให้ชัดเจน เพื่อไม่ให้ไขว้เขวในการตอบ

3) ไม่ควรตั้งคำถามเฉพาะประเภทความรู้ ความจำ หรือถามปัญหาที่มีคำตอบในหนังสือ แต่พยายามถามประเภทสูงกว่าความรู้ความจำ คือ ถามให้ใช้ความคิด ซึ่งมักขึ้นต้นด้วยคำว่า จงอธิบาย

จงอภิปราย จงเปรียบเทียบ จงบรรยาย จงวิเคราะห์ ให้ประมาณค่า ให้บอกความสัมพันธ์ ให้วิจารณ์ วิเคราะห์ เป็นต้น

4) กำหนดเวลาให้ตอบนานพอสมควร เพราะผู้ตอบต้องใช้เวลาในการรวบรวมความคิด จัดระบบความคิดและเขียนคำตอบด้วยถ้อยคำของตนเอง หากกำหนดเวลาน้อยไม่สามารถใช้พลังความคิดได้เต็มความสามารถ

5) เลือกถามเฉพาะจุดที่สำคัญของเรื่อง เพราะไม่สามารถถามคำถามได้ทุก ๆ เนื้อหาที่เรียน

6) ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเป็นบางข้อ เช่น 7 ข้อ ให้เลือกทำ 6 ข้อ หรือให้เลือกทำ 3 ข้อ เหตุผลดังนี้

(1) ไม่สามารถวัดเรื่องที่สำคัญได้ทุกเรื่อง

(2) คำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายไม่เท่ากัน จะมีปัญหาในการจำตำแหน่งของผู้เข้าสอบว่าใครจะเก่งกว่ากัน โดยเฉพาะการประเมินผลแบบอิงกลุ่ม

2.6 ดัชนีประสิทธิผล

1. ความหมายของดัชนีประสิทธิผล

เฟซิญ กิจระการ (ม.ป.ป. หน้า 1-6) ได้กล่าวถึงดัชนีประสิทธิผล คือ ค่าความแตกต่างของคะแนนการทดสอบก่อนเรียน และคะแนนการทดสอบหลังเรียน หรือเป็นการทดสอบความแตกต่างเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมดัชนีประสิทธิผลคำนวณได้จาก การหาค่าความแตกต่างของการทดสอบก่อนการทดลอง และการทดสอบหลังการทดลองด้วยคะแนนพื้นฐาน (คะแนนทดสอบก่อนเรียน) และคะแนนที่สามารถทำได้สูงสุด ดัชนีประสิทธิผลจะเป็นตัวบ่งชี้ ถึงขอบเขตและประสิทธิภาพสูงสุดของสื่อหรือการสอน

2. การหาค่าดัชนีประสิทธิผล

นอกจากผู้วิจัยจะคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของสื่อการสอน/นวัตกรรมแล้ว ควรจะต้องพิจารณาประสิทธิผลของสื่อ/นวัตกรรมนั้น ๆ ด้วย โดยค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I) จะเป็นค่าที่แสดงอัตราการเรียนรู้ที่ก้าวหน้าขึ้นจากพื้นฐานความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว หลังจากที่ได้เรียนจากสื่อ/นวัตกรรมหรือแผนการจัดการเรียนรู้ นั้น ๆ ซึ่งคำนวณได้จากหลายสูตรแต่นิยมใช้เป็นวิธีการหาค่า E.I. ด้วยวิธีการของกู๊ดแมน (Goodman) เฟรตเชอร์ (Fletchers) และชไนเดอร์ (Schneider) ดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุก}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุก}}$$

หมายเหตุ ค่า E.I. ที่คำนวณได้ เช่น E.I. = .65 แปลว่า ดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 0.65 หรือคิดเป็นร้อยละ 65 ไม่ได้แปลว่ามีความรู้ร้อยละ 65 เพราะคะแนนที่ได้ อยู่ในมาตราการวัดอันตรภาค (Interview Scale) มาตรการวัดที่ไม่ใช่ศูนย์แท้

2.7 ดัชนีประสิทธิภาพ

1. ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

เป็นค่าที่บ่งบอกว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ อย่างต่อเนื่องหรือไม่ภายใต้สถานการณ์และกิจกรรมที่กำหนดให้ โดยจะมีการเก็บข้อมูลของผลการเรียนรู้ อันเนื่องมาจากนวัตกรรมหรือแผนการเรียนรู้เป็นระยะ ๆ ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการและความก้าวหน้าของผู้เรียนได้ โดยทั่วไปมักจะคำนวณจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบย่อย แบบฝึกทักษะการใช้ชุดการเรียนรู้ หรือคะแนนจากพฤติกรรมการเรียนในระหว่างที่ผู้เรียนกำลังเรียนตามแผน การจัดการเรียนรู้ นั้น ๆ ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมในบทเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมในบทเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

2. ประสิทธิภาพของของผลลัพธ์ (E_2)

เป็นค่าที่บ่งบอกว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถส่งผ่านให้ผู้เรียนเกิดสัมฤทธิ์ผล ได้หรือไม่ บรรลุวัตถุประสงค์หรือเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะคำนวณจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน) ของนักเรียนทุกคน ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$E_2 = \frac{\sum Y}{N} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

จากที่กล่าวมาจะสามารถคำนวณเพื่อได้ค่าตัวเลขที่บอกถึงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ แต่การที่จะสรุปว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพหรือไม่ จะต้องมีการกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการพิจารณา โดยเกณฑ์การตั้งค่าประสิทธิภาพนั้นนิยมใช้หลักการเรียนแบบรอบรู้

(Mastering Learning) คือ ตั้งเกณฑ์ไว้ที่ ร้อยละ 80 และมีช่วงของการยอมรับประสิทธิภาพที่ $80 - 2.5 = 77.5$ (ยอมรับความผิดพลาดได้ร้อยละ 2.5) หรือยอมรับประสิทธิภาพที่ $80 - 5 = 75$ (ยอมรับความผิดพลาดได้ร้อยละ 5) ตัวอย่าง เช่น ตั้งเกณฑ์ของ E_1/E_2 ไว้ที่ 80/80 และกำหนดความผิดพลาดที่ยอมรับได้ร้อยละ 5 คำนวณค่า E_1/E_2 ได้ 76/77 ก็ถือได้ว่ามีประสิทธิภาพ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แม้ว่าจะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 ทั้งนี้เพราะว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ ของ E_1/E_2 จะเท่ากับ $80 - 5 = 75$ จากตัวอย่างที่คำนวณได้เท่ากับ 76/77 จึงมีค่าสูงกว่า 75/75 จึงสรุป ได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (การกำหนดเกณฑ์ความผิดพลาด ที่ยอมรับได้ไม่ควรเกินร้อยละ 5)

การเลือกเกณฑ์เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือนวัตกรรมควรพิจารณาจากหลายปัจจัย เช่น ประเภทของสื่อ/นวัตกรรม สถิติปัญญาของกลุ่มผู้เรียนความสามารถในการอ่าน และเขียนของผู้เรียน วุฒิภาวะของผู้เรียน และวัตถุประสงค์ของการเรียน เป็นต้น โดยทั่วไปนวัตกรรม หรือสื่อการสอน ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะมักจะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพต่ำกว่าการพัฒนาความรู้ ทั้งนี้เนื่องจากทักษะเป็นสิ่งที่พัฒนาได้ยากกว่าและอาจต้องใช้เวลาในการพัฒนามากกว่า ยกตัวอย่าง เช่น สื่อ/นวัตกรรมที่เน้นพัฒนาความรู้ อาจกำหนด E_1/E_2 เท่ากับ 80/80 ส่วนสื่อ/นวัตกรรมที่เน้นการพัฒนาทักษะต่าง ๆ อาจกำหนด E_1/E_2 ที่ 75/75 เป็นต้น ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ประกอบการตั้งเกณฑ์

อิทธิพร ศรียมก (2554 หน้า 63) ได้เสนอการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนไว้ว่าประสิทธิภาพของชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอน หมายความว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมให้เป็นที่ดี โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์

ผลเฉลี่ยการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ของการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด เช่น E_1/E_2

E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนการทำแบบทดสอบย่อยและคะแนนจากการประเมินพฤติกรรมนักเรียน

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการทดสอบหลังเรียน

2.8 ความพึงพอใจ

1. ความหมายของความพึงพอใจ

ศุภสิริ โสมาเกตู (2554 หน้า 49) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด หรือเจตคติของบุคคลที่มีต่อการทำงาน หรือการปฏิบัติกิจกรรมในเชิงบวก ดังนั้น ความพอใจในการเรียนรู้จึงหมายถึง ความรู้สึกพอใจ ขอบใจในกิจกรรมการเรียนการสอนและต้องดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ จนบรรลุผลสำเร็จ

สาโรช ไสยสมบัติ (2554 หน้า 15) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ที่ช่วยให้งานประสบความสำเร็จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นงานเกี่ยวกับการให้บริการ ดังนั้นผู้บริหาร และผู้ปฏิบัติงาน ต้องดำเนินการให้ผู้มาใช้บริการเกิดความพึงพอใจด้วย

อานนท์ กระบอโกโท (2553 หน้า 33) สรุปความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจหมายถึง ความรู้สึกหรือเจตคติที่ดีต่อการทำงานนั้น เช่น ความรู้สึกรัก ชอบ ภูมิใจ สุขใจ เต็มใจ และยินดี ผู้มีความพึงพอใจในการทำงาน จะมีความเสียสละอุทิศแรงกาย แรงใจ และสติปัญญาให้แก่งาน อย่างแท้จริง

จากความหมายของ ความพึงพอใจที่มีผู้ให้ความหมายข้างต้น พอสรุปได้ว่า ความพึงพอใจหมายถึง ความรู้สึกนึกคิด หรือเจตคติของบุคคลที่มีต่อการทำงาน หรือการปฏิบัติกิจกรรมในเชิงบวกดังนั้น ความพอใจในการเรียนรู้จึงหมายถึง ความรู้สึกพอใจ ชอบในการร่วมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน และต้องการดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ จนบรรลุผลสำเร็จ

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ

ในการปฏิบัติงานใด ๆ ก็ตาม การที่ผู้ปฏิบัติงานจะเกิดความพึงพอใจต่อการทำงานนั้นมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับแรงจูงใจในงานที่มีอยู่ การสร้างสิ่งจูงใจหรือแรงกระตุ้นให้เกิดกับผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้การปฏิบัติงานนั้น ๆ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ มีนักการศึกษาในสาขาต่าง ๆ ทำการศึกษาค้นคว้าและตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับการจูงใจในการทำงานไว้ดังนี้

สก็อต (ศุภศิริ โสมาเกตู. 2554, หน้า 49 ; อ้างอิงมาจาก Scott. 1970, p. 124) ได้เสนอแนวคิดเรื่องการจูงใจให้เกิดความพึงพอใจต่อการทำงานที่จะให้ผลเชิงปฏิบัติ มีลักษณะ ดังนี้

1. งานควรมีส่วนสัมพันธ์กับความปรารถนาส่วนตัว งานนั้นจะมีความหมายสำหรับผู้ทำ
2. งานนั้นต้องมีการวางแผนและวัดความสำเร็จได้ โดยใช้ระบบการทำงานและการควบคุมที่ประสิทธิภาพ

3. เพื่อให้ได้ผลในการสร้างสิ่งจูงใจภายในเป้าหมายของงานจะต้องมีลักษณะ ดังนี้

- 3.1 คนทำงานมีส่วนในการตั้งเป้าหมาย
- 3.2 ผู้ปฏิบัติได้รับทราบผลสำเร็จในการทำงานโดยตรง
- 3.3 งานนั้นสามารถทำให้สำเร็จได้

เมื่อนำแนวความคิดนี้มาประยุกต์ใช้กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเลือกเรียนตามความสนใจ และมีโอกาสร่วมกันตั้งจุดประสงค์หรือความมุ่งหมายในการทำกิจกรรม ได้เลือกวิธีแสวงหาความรู้ด้วยวิธีที่ผู้เรียนถนัด และสามารถค้นหาคำตอบได้

เพชฌัญญู กิจระการ (ศุภศิริ โสมาเกตู. 2554, หน้า 51 ; อ้างอิงมาจาก Kidrakam. 1989, p. 7) ได้กล่าวถึง แนวคิดของแฮทฟิลด์ และฮิวส์แมนที่ได้ทำการพัฒนาแนวคิดของนักวิจัยต่าง ๆ มาเป็นเครื่องวัดความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน พบว่า องค์ประกอบที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจ ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบันประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 5 ประการ ดังนี้

ตัวแปรที่ 1 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับงานที่ทำในปัจจุบัน แบ่งเป็น

1. ความตื่นเต้น / น่าเบื่อ
2. ความสนุกสนาน / ความไม่สนุกสนาน
3. ความโล่ง / ความสลับ
4. ความท้าทาย / ไม่ท้าทาย
5. มีความพอใจ / ไม่พอใจ

ตัวแปรที่ 2 องค์ประกอบทางด้านค่าจ้าง ประกอบด้วย

1. ถือว่าเป็นรางวัล / ไม่เป็นรางวัล
2. มาก / น้อย
3. ยุติธรรม / ไม่ยุติธรรม
4. เป็นทางบวก / เป็นทางลบ

ตัวแปรที่ 3 องค์ประกอบทางการเลื่อนตำแหน่ง

1. ยุติธรรม / ไม่ยุติธรรม
2. เชื่อถือได้ / เชื่อถือไม่ได้
3. เป็นเชิงบวก / เป็นเชิงลบ
4. เป็นเหตุผล / ไม่เป็นเหตุผล

ตัวแปรที่ 4 องค์ประกอบทางด้านผู้นิเทศ / ผู้บังคับบัญชา

1. อยู่ใกล้ / อยู่ไกล
2. ยุติธรรมแบบจริงจัง / ยุติธรรมแบบไม่จริงจัง
3. เป็นมิตร / ค่อนข้างไม่เป็นมิตร
4. เหมาะสมทางคุณสมบัติ / ไม่เหมาะสมทางคุณสมบัติ

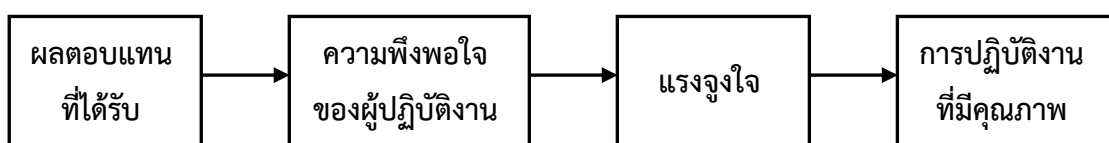
ตัวแปรที่ 5 องค์ประกอบทางด้านเพื่อนร่วมงาน

1. เป็นระเบียบเรียบร้อย / ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย
2. จงรักภักดีต่อที่ทำงาน / ไม่จงรักภักดีต่อที่ทำงานและเพื่อนร่วมงาน
3. สนุกสนานร่าเริง / ดูไม่มีชีวิตชีวา
4. น่าสนใจเอาจริงเอาจัง / ดูเบื่อหน่าย

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือต้องการปฏิบัติให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ครูผู้สอน ซึ่งในสภาพปัจจุบันเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกหรือให้คำแนะนำปรึกษาจึงต้องคำนึงถึงความพึงพอใจในการเรียนรู้ การทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน มีแนวคิดพื้นฐาน ที่ต่างกัน 2 ลักษณะ คือ

1. ความพึงพอใจนำไปสู่การปฏิบัติงาน

การตอบสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงานจนเกิดความพึงพอใจ จะทำให้เกิดแรงจูงใจ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการตอบสนอง ทักษะแนวคิดดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 ความพึงพอใจนำไปสู่การปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ

จากแนวคิดดังกล่าว ครูผู้สอนต้องการให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้บรรลุผลสำเร็จ จึงต้องคำนึงถึงการจัดบรรยากาศและสถานการณ์ รวมทั้งสื่อ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ที่เอื้ออำนวยต่อการเรียน เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้เรียน ให้มีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมจน บรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร (สมยศ นาวิการ. 2521, หน้า 155)

2. ผลการปฏิบัติงานนำไปสู่ความพึงพอใจ

ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงด้วยปัจจัยอื่น ๆ ผลการปฏิบัติงานที่นำไปสู่ผลตอบแทนที่เหมาะสม ซึ่งในที่สุดนำไปสู่การตอบสนองความพึงพอใจ ผลการปฏิบัติงานย่อมได้รับการตอบสนองในรูปของรางวัลหรือผลตอบแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นผลตอบแทนภายใน (Intrinsic Rewards) และผลตอบแทนภายนอก (Extrinsic Rewards) โดยผ่านการรับรู้เกี่ยวกับความยุติธรรมของผลตอบแทน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของผลตอบแทนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับนั่นคือ ความ พึงพอใจในงานของผู้ปฏิบัติงานจะถูกกำหนดโดยความแตกต่างระหว่างผลตอบแทนที่เกิดขึ้นและการรับรู้เรื่องเกี่ยวกับความยุติธรรมของผลตอบแทนแล้วความพึงพอใจย่อมเกิดขึ้น (สมยศ นาวิการ. 2561, หน้า 119)

จากแนวความคิดพื้นฐานดังกล่าวเมื่อนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผลตอบแทนภายในหรือรางวัลภายใน เป็นผลด้านความรู้สึกของผู้เรียนที่เกิดแก่ตัวผู้เรียนเอง เช่นความรู้สึกต่อความสำเร็จที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดความภาคภูมิใจ ส่วนผลตอบแทนภายนอกนั้นเป็นรางวัล ที่ผู้อื่นจัดทำให้มากกว่าที่ตนเองให้ตนเอง เช่น การได้รับการยกย่องชมเชยจากครูผู้สอน พ่อแม่ หรือแม้แต่การได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในระดับที่น่าพอใจ

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจในการเรียนและผลการเรียนจะมีความสัมพันธ์กันในทางบวก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ากิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัตินั้น ทำให้ผู้เรียนได้รับการตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดความสมบูรณ์ของชีวิตอย่างน้อยเพียงใด นั่นคือ สิ่งที่ครูผู้สอนจะคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ในการเสริมสร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

2.9 การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

การทำความเข้าใจการทำงานของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นั้น จำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงคุณสมบัติการทำงานของอุปกรณ์ประกอบรวมแต่ละตัวก่อน จึงจะสามารถทำความเข้าใจวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ เพราะอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรมีผลต่อการทำงานของวงจรเหมือนกันการทำงานที่ผิดปกติของอุปกรณ์เพียงตัวใดตัวหนึ่ง ย่อมมีผลต่อความผิดปกติของวงจรทั้งหมด วงจร ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกสร้างขึ้นมามีมากมายมหาศาล การศึกษาทำความเข้าใจทั้งหมด คงทำได้ยาก และไม่จำเป็นต้องทำเช่นนั้น เพราะการจะเข้าใจการทำงานของวงจรใด ๆ ก็ตาม จะต้องเข้าใจพื้นฐานการทำงานของส่วนประกอบในวงจรแต่ละตัว เมื่อนำมาประกอบเป็นวงจร การตรวจสอบการทำงานของวงจรก็ยังคงต้องใช้คุณสมบัติพื้นฐานของอุปกรณ์มาทำการวิเคราะห์การทำงานได้เช่นเดียวกัน

อุปกรณ์พวกสารกึ่งตัวนำจะมีขนาดเล็ก การทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติเฉพาะตัว ไม่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเองโดด ๆ แต่ต้องประกอบอุปกรณ์อื่น ๆ และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่น ๆ โดยประกอบขึ้นมาในรูปวงจร วงจรที่ประกอบขึ้นมานี้ต้องอาศัยคุณสมบัติ การทำงาน

ของอุปกรณ์แต่ละตัวเหล่านั้น โดยทำงานแบบประสานสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน จึงทำให้วงจร ทางไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานได้ถูกต้อง

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยวงจรตัวต้านทาน วงจรตัวเก็บประจุ วงจรตัวเหนี่ยวนำ และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งผู้เรียนจะต้องเข้าใจคุณสมบัติการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวก่อน จึงจะสามารถเข้าใจการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้

1. แผ่นวงจรพิมพ์และลายวงจรพิมพ์

แผ่นวงจรพิมพ์ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไป คือ แผ่นปริ้นต์ หรือแผ่น PCB (Printed Circuit Boards) ซึ่งด้านหนึ่งจะเป็นฉนวนสำหรับใส่อุปกรณ์ และอีกด้านจะเป็นแผ่นพลาสติกที่ผิวส่วนหนึ่งถูกเคลือบด้วยแผ่นทองแดงบาง ๆ เพื่อใช้ทำลายวงจรพิมพ์ (Printed Circuit) ทำให้เกิดลายวงจรที่ต้องการขึ้นมา จุดเด่นของการเชื่อมต่อวงจรด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ แทนการต่อสาย คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกวางอย่างเป็นระเบียบ และประหยัดพื้นที่ ลดความวุ่นวายจากการต่อสายที่ซับซ้อน เกิดเป็นวงจรต่าง ๆ ตามต้องการ (บุญสืบ โพธิ์ศรี และศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 229)



ก. แผ่นวงจรพิมพ์



ข. แผ่นวงจรพิมพ์

ภาพที่ 47 ลักษณะแผ่นวงจรพิมพ์

ลายวงจรมีส่วนสำคัญต่อการใช้งาน เพราะการเขียนลายวงจรจะต้องคำนึงถึงขนาด ของลายวงจรให้เหมาะสมกับขนาดของกระแสที่ไหลผ่าน ลักษณะการเชื่อมต่อต้องเหมาะสม สวยงามถูกต้องตามหลักขนาดของลายวงจรต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป การเข้าโค้งลายวงจรควรเข้าโค้งแบบมีส่วนโค้งมน ไม่ควรเป็นโค้งแบบหักฉาก การต่อลายวงจรระหว่างจุดลายวงจรควรต่อเข้ากึ่งกลางจุด ไม่ควรผ่านขอบริมจุดต่อ หรือกรณีจำเป็นต้องผ่านขอบริมจุดต่อสายวงจรต้องสัมผัสจุดต่อมากที่สุด

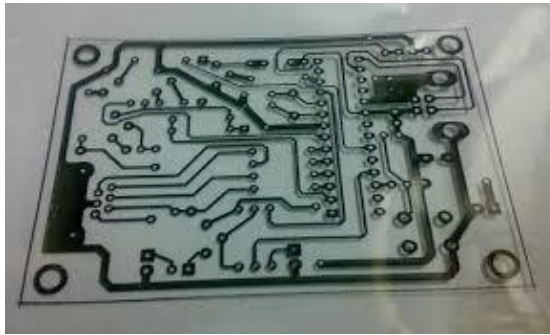
การออกแบบลายวงจรพิมพ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ต้องปฏิบัติดังนี้

- 1) ต้องทราบขนาดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการใช้งานทุกตัวทั้งด้านกว้างด้านยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอุปกรณ์เหล่านั้น
- 2) กำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัวที่ต้องการใช้งานลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ถูกต้องเหมาะสม และสวยงาม
- 3) กำหนดขนาดความกว้างยาวของแผ่นวงจรพิมพ์ที่นำมาออกแบบลายวงจรพิมพ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ใช้ติดตั้งทำงาน
- 4) ทดลองสร้างลายวงจรพิมพ์อย่างคร่าว ๆ เพื่อหาตำแหน่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง พร้อมทั้งลายวงจรพิมพ์ที่ออกแบบต้องสั้น ไม่ยุ่งยากสับสน

5) กำหนดขนาดลายวงจรพิมพ์เข้าด้วยกัน ตามวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการออกแบบให้ได้ขนาดและลายวงจรพิมพ์ที่เหมาะสม

6) ลากต่อจุดลายวงจรพิมพ์เข้าด้วยกัน ตามวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการออกแบบ ให้ได้ขนาดและลายวงจรพิมพ์ที่เหมาะสม

7) บอกรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น ลำดับตัวอุปกรณ์ที่ใส่ ขั้วบวกขั้วลบของอุปกรณ์ และขั้วต่อต่าง ๆ ที่ต่อเชื่อมไปยังอุปกรณ์อื่น ลักษณะลายวงจรพิมพ์ที่ออกแบบ (บุญสืบ โพธิ์ศรี และ ศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 229)



ภาพที่ 48 ลักษณะลายวงจรพิมพ์

2. หัวแร้ง

หัวแร้ง (Soldering Iron) ที่ใช้ในงานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นหัวแร้งไฟฟ้าทำหน้าที่ให้ความร้อนออกมาโดยใช้ไฟฟ้าจ่ายผ่านส่วนที่ทำให้กำเนิดความร้อน ส่งผ่านความร้อนไปยังหัวบัดกรี ส่วนหัวบัดกรีนี้เองเป็นตัวส่งผ่านความร้อนไปยังชิ้นงาน จนชิ้นงานเกิดความร้อนพอที่จะหลอมละลายตะกั่วบัดกรีได้ การบัดกรีที่ถูกต้องนอกจากหัวแร้งต้องร้อนพอที่จะหลอมละลายตะกั่วบัดกรีได้แล้ว ชิ้นงานที่จะบัดกรีก็น่าจะต้องร้อนพอที่จะหลอมละลายตะกั่วบัดกรีได้ด้วย ถ้าชิ้นงานขนาดเล็กสามารถใช้หัวแร้งมีกำลังไฟฟ้าต่ำได้ ถ้าชิ้นงานขนาดใหญ่หัวแร้งต้องมีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย มิเช่นนั้นอาจทำให้การบัดกรีไม่สมบูรณ์ได้

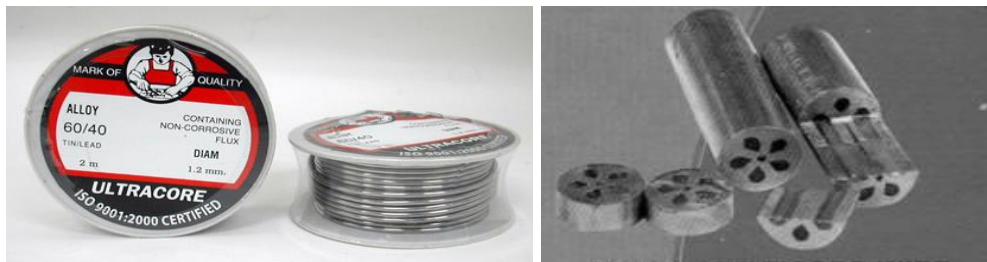
หัวแร้งถูกสร้างมาใช้งานมีกำลังไฟฟ้าหลายขนาดด้วยกัน ใช้บัดกรีสถานขนาดเล็ก ๆ เช่น บัดกรีงานบนแผ่นวงจรพิมพ์ ควรใช้หัวแร้งประมาณ 17 - 25 วัตต์ ขนาดมาตรฐานที่ใช้กับงานทั่วไป ควรใช้หัวแร้งประมาณ 30 - 50 วัตต์ และสำหรับงานขนาดใหญ่ ควรใช้หัวแร้งประมาณ 60 - 150 วัตต์ หัวแร้งที่นิยมใช้ในงานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นั้นมี 2 ชนิด คือ หัวแร้งแช่ และหัวแร้งปืน (บุญสืบ โพธิ์ศรี และ ศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 216-217)



ภาพที่ 49 หัวแร้งแช่และหัวแร้งปืน

3. ตะกั่วบัดกรี

ตะกั่วบัดกรี (Solder) คือ วัสดุที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานรอยต่อของสายไฟหรือขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกัน หรือต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับลายวงจรพิมพ์ส่วนประกอบของตะกั่วบัดกรีประกอบด้วยดีบุก (Tin) และตะกั่ว (Lead) ซึ่งมีส่วนผสมของสารทั้งสองแตกต่างกัน ถูกกำหนดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าที่บอกไว้ค่าแรกเป็นดีบุกเสมอ เช่น 70/30 หมายถึง ส่วนผสมประกอบด้วยดีบุก 70% และตะกั่ว 30% บางครั้งอาจเรียกเฉพาะค่าดีบุกเท่านั้นก็ได้ ดังนั้นส่วนผสม 70/30 อาจเรียกว่าตะกั่วบัดกรีชนิดดีบุก 70% จุดหลอมละลายของตะกั่วบัดกรีขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมของสารทั้งสอง จุดหลอมละลายต่ำสุดมีค่าประมาณ 177°C ที่ส่วนผสมประมาณ 60/40 คือ ดีบุก 60% และ ตะกั่วประมาณ 40% ถือว่าเป็นตะกั่วบัดกรีชนิดคุณภาพดี ลักษณะตะกั่วบัดกรีที่ใช้ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (บุญสืบ โพธิ์ศรี และศุภโชค พานทอง. 2562, หน้า 218)



ภาพที่ 50 ตะกั่วบัดกรีและน้ำยาประสาน

ตะกั่วบัดกรีที่ผลิตมาใช้งานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะเป็นเส้นกลมยาว ขดไว้เป็นม้วนมีหลายขนาด ทั้งขนาดของเส้นตะกั่วและขนาดของความยาว ตะกั่วบัดกรีชนิดนี้ตอนกลางของเส้นตะกั่วมีน้ำยาประสานหรือฟลักซ์ (Flux) บรรจุอยู่ด้วยช่วยในการทำทำความสะอาดผิวหน้าของจุดบัดกรีด้วยการทำให้สิ่งสกปรกและสนิมต่าง ๆ บนผิวโลหะชิ้นงานหมดไป ช่วยให้ตะกั่วบัดกรีสามารถเกาะติดชิ้นงานได้ดี และช่วยเคลือบตะกั่วบัดกรีและชิ้นงานไม่ให้เกิดสนิมอีก น้ำยาประสานบรรจุ ไว้ในตะกั่วบัดกรี

4. การบัดกรีอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

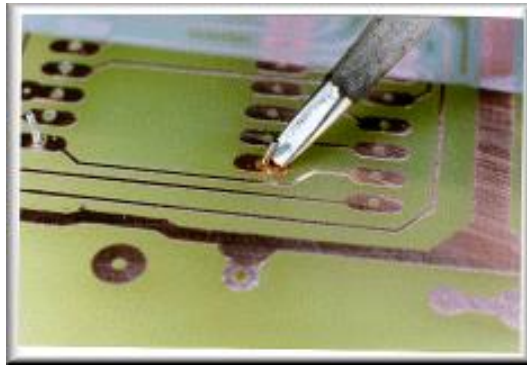
การบัดกรีอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ทำความสะอาดลายวงจรพิมพ์ที่จะใช้งานให้สะอาด เช่น ใช้ยางลบ ลบคราบสกปรก และ สนิมให้หมด
- 2) เสียบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ งอขาอุปกรณ์ให้โค้งเล็กน้อย (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. 2562, หน้า 234)



ภาพที่ 51 การเสียบอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์

3. นำหัวแร้งที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว มาสัมผัสขาอุปกรณ์และลายวงจรพิมพ์ที่ตำแหน่งจะบัดกรี ประมาณ 3 - 5 วินาที (พันธ์ศักดิ์ พุฒิमानิตพงศ์ และคณะ. 2562, หน้า 234)



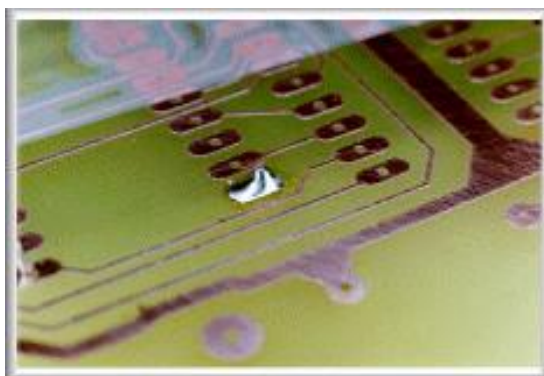
ภาพที่ 52 การให้ความร้อนบนแผ่นวงจรพิมพ์

4. นำตะกั่วบัดกรีมาสัมผัสขาอุปกรณ์และลายวงจรพิมพ์ตำแหน่งที่หัวแร้งสัมผัสอยู่จนตะกั่วหลอมละลายเกาะติดขาอุปกรณ์และลายวงจรพิมพ์ขนาดพอเหมาะ ให้รับนำตะกั่วบัดกรีและหัวแร้ง ขึ้นทันที (พันธ์ศักดิ์ พุฒิमानิตพงศ์ และคณะ. 2562, หน้า 234)



ภาพที่ 53 การบัดกรีอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

5. ให้คีมตัดขาอุปกรณ์ส่วนเกินที่เหลือออกให้หมด เพื่อไม่ให้เกะกะหรือลัมไปแตะกับวงจรตำแหน่งอื่น อาจทำให้วงจรเสียหายเมื่อนำไปใช้งาน (พันธ์ศักดิ์ พุฒิमानิตพงศ์ และคณะ. 2562, หน้า 234)



ภาพที่ 54 การตัดขาอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

6. ตรวจสอบจุดบัดกรีทุกตำแหน่งที่ทำการบัดกรี จุดบัดกรีที่ดีตะกั่วบัดกรีต้องเป็นปุ่มกลมมน สวยงาม ผิวเรียบ มันวาว ตะกั่วบัดกรีจะต้องเกาะติดกับลายวงจรพิมพ์และขาอุปกรณ์ อย่างแน่นสนิท (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. 2562, หน้า 234)



ภาพที่ 55 การตรวจสอบรอยบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

1. งานวิจัยในประเทศ

สุรัตน์ ปรานนอก (2557, หน้า 74-76) ได้ทำการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นทักษะกระบวนการ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่อง การปลูกข้าวโพดหวาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาค้นพบว่า 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่อง การปลูกข้าวโพดหวาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.19/85.83 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่อง การปลูกข้าวโพดหวาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5971 คิดเป็นร้อยละ 59.71

สุภาภรณ์ ฝอยพิกุล (2557, หน้า 91) ได้ทำการพัฒนาแผนการเรียนรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าปรากฏดังนี้ 1) แผนการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก มีประสิทธิภาพ 73.67/73.26 ซึ่งสูงใกล้เคียงกับเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้และมีค่าดัชนีประสิทธิผลร้อยละ 56.55 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 4) แผนการเรียนรู้มีค่าดัชนีประสิทธิผลร้อยละ 56.55

วารบ น้ำดำ (2557, หน้า 61-62) ได้ทำการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่อง ความร้อนและสาร กลุ่มสาระเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาค้นคว้า ปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่อง ความร้อน

และสสาร กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.06/82.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ หมายความว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าร้อยละ 0.6037 2) นักเรียนมีเจตคติต่อแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ มีค่าเฉลี่ย 4.51 อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง

สุदारตัน สุขสวัสดิ์ (2558, หน้า 70-71) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่องการถนอมอาหาร กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาค้นคว้าปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่องการถนอมอาหาร กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 87.16/81.62 และดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5987 แสดงว่า นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 59.87 2) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นทักษะกระบวนการ ในระดับมาก

ภักตรา ดลเจือ (2558, หน้า 67-68) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่องงานใบตอง กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่องงานใบตอง กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 86.03/88.06 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าเท่ากับ 0.7199 นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 71.99

2. งานวิจัยต่างประเทศ

โฮสเทน, ชอร์, เรนลี่, คิปนิส และมิรา (Hofstein, Shore and Kipnis. 2014, pp. 47-62) ได้ทำการศึกษาการจัดให้นักเรียนมัธยมปลายที่เรียนวิชาเคมีมีโอกาสพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในห้องทดลอง หลักสูตรวิชาเคมีของโรงเรียนมัธยมตอนปลายในประเทศอิสราเอล การศึกษาค้นคว้านี้รวมถึง การพัฒนาการทดลอง การค้นหาอุปกรณ์ที่ให้นักเรียนทดลองและเป็นผลโดยต่อเนื่อง และโครงการพัฒนาอาชีพระยะยาวของครูที่จะนำไปใช้ในโรงเรียนของตนเอง เป้าหมายหลักคือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมจริงที่จะสามารถได้ความรู้เรื่องปรากฏการณ์ทางเคมี ยังให้นักเรียนที่ทำการทดลองสามารถนำทักษะที่ปฏิบัติในการตั้งคำถาม สร้างสมมุติฐานและแนะนำคำถามเพิ่มเติมเพื่อการสอบถามค้นคว้าในสิ่งที่วางแผนไว้ ผลการวิเคราะห์รายงานแสดงว่าสามารถปรับปรุงความสามารถในการเรียน ในห้องทดลองวิชาเคมีได้เป็นอย่างดี

ทรัมบูลล์, ดีโบราห์ สคาราโน เกรซ บรอนนีย์ และริค (Trumbull, Scarano and Bonney. 2016, pp. 1717-1750) ได้ทำการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างการปฏิบัติและความเชื่อของครู 2 คน มโนภาพในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการสอบถามนักเรียน ในการศึกษานี้ได้ค้นหาคำประกอบของรูปสัญลักษณ์ที่ครูใช้ในโครงการสอบถาม ทดลองนานกว่า 3 ปีในการปฏิบัติและมโนคติของครู 2 คน ที่ดำเนินการในโครงการ ช่วงแรกครูทั้ง 2 คน ไม่พึงพอใจในความสำเร็จ แต่ทั้ง 2 ก็ตอบสนองต่อปัญหาต่างๆ ที่พบซึ่งเกี่ยวข้องกับแนวคิดในโครงสร้างของการเรียน พบว่าการเรียนธรรมชาติวิทยาศาสตร์หรือการสอบถามของนักเรียนเพียงอย่างเดียวไม่สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติของครูได้

อีเวอร์ส (Ewers. 2012, p. 2387-A) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการสอนสองวิธี (การสอนแบบครุณากับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้) เพื่อส่งเสริมความรอบรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเพื่อศึกษาผลของการมีประสบการณ์ในการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ ที่มีประสิทธิภาพ ผลการสอบของตนและความคาดหวังในผลการเรียน ได้แก่ นักศึกษาวิชาเอกประถมศึกษา ระดับชั้นประถมปีที่ 3 และปีที่ 4 ที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นเรียน วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยโอคาโฮ กลุ่มหนึ่งได้รับการสอนโดยวิธีการสอนแบบครุณา อีกกลุ่มหนึ่งได้รับการสอน โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ ผลการสอบก่อนสอนพบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถ ในการคิดอย่างมีเหตุผล ความชอบต่อสภาพแวดล้อมของห้องเรียน และความเชื่อมั่น ในประสิทธิผล การสอบของตนและความคาดหวังในผลการเรียนไม่แตกต่างกัน แต่ทั้ง 2 กลุ่ม ก็แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญในด้านอายุและความคล่องตัวในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการทดสอบ หลังสอนพบว่า นักศึกษาในแต่ละกลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และประสิทธิผลการสอบเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แต่นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองแตกต่างกัน ดังนั้นวิธีสอน ทั้ง 2 วิธี มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พอ ๆ กัน

ผลจากการศึกษาเอกสาร และผลงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการเพื่อจัดการเรียนการสอนพบว่า ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ นั้นมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ ขั้นศึกษาและวิเคราะห์ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ และขั้นประเมิน/ปรับปรุง ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นต้องเน้นทักษะกระบวนการที่จะช่วยให้ผู้เรียนคุณลักษณะคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ใช้ปัญญาความสามารถคิดวิเคราะห์ วางแผนการกระทำต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอน ซึ่งจากหน่วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงทั้งความรู้และทักษะการปฏิบัติ ที่นักเรียนสามารถไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยเฉพาะทักษะที่เกี่ยวกับการงานอาชีพ จากข้อค้นพบที่ได้ทำให้ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ และเครื่องมือประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง โดยสร้างเครื่องมือตามหลักการ ขั้นตอน กระบวนการ ตามที่ได้ศึกษาจากเอกสารข้างต้น และได้ผ่านการแนะนำ และชี้แนะแนวทางแก้ไขปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการทดลองใช้ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพก่อนนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลและใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และการจัดการเรียนรู้ในอนาคตต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รายงานการวิจัย เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ นี่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ตามขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
- 3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ
- 3.4 รูปแบบการวิจัย
- 3.5 วิธีดำเนินการทดลอง
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (20100-1005) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 20 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (20100-1005) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ประกอบด้วย 4 ประเภทคือ

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 4 แผน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 40 ข้อ

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทักษะกระบวนการ จำนวน 40 ข้อ

แบบสัมภาษณ์ แบบไม่มีโครงสร้าง เกิดจากการซักถามหรือสอบถามของผู้วิจัย โดยมีประเด็น สัมภาษณ์เกี่ยวกับการเรียนรู้ การปฏิบัติงาน กระบวนการกลุ่ม การแก้ปัญหาการนำความรู้ไปใช้ ในชีวิตประจำวัน

3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาอิเล็กทรอนิกส์ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบาย รายวิชา สมรรถนะรายวิชา ขอบข่ายเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีสอน และการวัดผลประเมินผล

2) ศึกษาวิธีการจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วย

- (1) หัวข้อเรื่อง
- (2) สารสำคัญ
- (3) สมรรถนะอาชีพประจำหน่วย
- (4) จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน
- (5) เนื้อหาสาระ
- (6) กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
- (7) การวัดผลและประเมินผล
- (8) สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

3) จัดพิมพ์แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 4 แผน

4) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยแบบประเมิน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

- (1) นายชัชวาล สุขก่อวารี ครูแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
- (2) นายวุฒิศักดิ์ ธนวัฒน์กุลชัย ตำแหน่งครู แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
- (3) นายนพดล พงศ์พัชรา ตำแหน่งครู แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

5) นำแบบประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจให้คะแนนแล้ว มาหาค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การพิจารณาใช้แบบประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ กำหนดคะแนน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2545, หน้า 102 - 103)

เหมาะสมมากที่สุด	ให้	5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้	4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้	3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้	2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้	1 คะแนน

ให้นำคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยของกลุ่ม : ซึ่งการแปลความหมายจะใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2545, หน้า 102 - 103)

ค่าเฉลี่ย	4.51 - 5.00	แปลความว่า	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 - 4.50	แปลความว่า	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 - 3.50	แปลความว่า	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 - 2.50	แปลความว่า	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.50	แปลความว่า	เหมาะสมน้อยที่สุด

นำคะแนนประเมินผลแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านประเมินแล้ว มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยรายข้อรายการประเมินและกำหนดเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมที่ใช้ได้ โดยยึดเกณฑ์ตัดสินระดับคะแนนเฉลี่ย 3.50 ถึง 5.00 จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ใช้ได้ ผลปรากฏว่ามีคะแนนระหว่าง 4.89 ถึง 5.00 คะแนนเฉลี่ยภาพรวมเท่ากับ 4.93 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

6) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่ผ่านการประเมินมาแล้วไปทดลองใช้ในการเรียนการสอนเพื่อหาประสิทธิภาพ โดยมีลำดับดังนี้

(1) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่กำลังเรียนวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า นักเรียนให้ความสนใจ และมีความตื่นตัวในการทำกิจกรรม เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมไม่เพียงพอเนื่องจากมีกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติมากเกินไป และนำข้อบกพร่องไปปรับปรุง แก้ไข ด้านเวลา กิจกรรม แล้วจัดพิมพ์แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

(2) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจริง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบอิงเกณฑ์ จากเอกสารเรื่องการจัดทำข้อสอบของบุญชม ศรีสะอาด (2543, หน้า 56-93)

2) วิเคราะห์หลักสูตร วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายของหลักสูตรจุดประสงค์การเรียนรู้ กำหนดเนื้อหา เลือกวิธีวัดผลประเมินผล และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล

3) สร้างข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยสร้างให้ครอบคลุมเนื้อหา 4 จุดประสงค์ จำนวน 60 ข้อ คัดเลือกไว้จำนวน 40 ข้อ

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาในแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

5) วิเคราะห์ข้อมูล หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้สูตร IOC (สมนึก ภัททิยธนี. 2541, หน้า 166-167) เพื่อหาผลรวมของคะแนนในข้อสอบแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อดูดัชนีความสอดคล้อง และพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ ที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าดัชนี ความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.67 ถึง 1.00 นำมาใช้ได้ 40 ข้อ

6) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยทำการทดลองพร้อมแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แล้วนำแบบทดสอบมาหาคุณภาพดังนี้

(1) วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรหาค่าอำนาจจำแนก (B) ตามวิธีของ Brennan (บุญชม ศรีสะอาด. 2543, หน้า 87) เลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป เพื่อเลือก ให้ได้จำนวนข้อสอบ 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.43 ถึง 0.93

(2) วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (R) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ ตามวิธีการของ Lovett (บุญชม ศรีสะอาด. 2543, หน้า 93) มีค่าเท่ากับ 0.97

7) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริง

3. การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ
ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบสอบถาม จากตำราการวัดผลการศึกษา (สมนึก ภัททิยธนี. 2541, หน้า 36-42)

2) ศึกษาข้อความที่แสดงถึงความพึงพอใจ และสร้างแบบสอบถามจำนวน 50 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่ามี 5 ระดับ ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด ให้ 5 คะแนน

พึงพอใจมาก ให้ 4 คะแนน

พึงพอใจปานกลาง	ให้	3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้	2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้	1 คะแนน

3) นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้น 60 ข้อ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบและพิจารณาแบบวัดความพึงพอใจ ในเรื่องความเข้าใจของข้อคำถาม ข้อคำถามมีจำนวนมากเกินไปให้ตัดออกเป็นบางข้อ โดยให้ครอบคลุมในเรื่องของเนื้อหา โดยเฉพาะทักษะกระบวนการ

4) นำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่กำลังเรียนวิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 20 คน

5) นำแบบสอบถามมาตรวจให้คะแนน และหาค่าอำนาจจำแนก โดยการหาค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย (r_{xy}) โดยวิธีการ Item-total Correlation แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 ถึง 0.74

6) นำแบบสอบถามไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาค (ลัวัน และอังคณา สายยศ. 2531, หน้า 170-172) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งหมดเท่ากับ 0.90

7) จัดพิมพ์เป็นแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้จริง

4. การสร้างแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง เกิดจากการซักถามหรือสอบถามของผู้วิจัย โดยประกอบด้วยข้อคำถามที่ถามเฉพาะประเด็นหลัก ๆ ซึ่งมีประเด็นสัมภาษณ์เกี่ยวกับด้านการเรียนรู้ การปฏิบัติงาน กระบวนการกลุ่ม การแก้ปัญหา และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนี้

1) ด้านการเรียนรู้

- (1) ผู้เรียนได้รับความรู้เรื่องอะไรบ้าง
- (2) ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติหรือไม่ อย่างไร

2) การปฏิบัติงาน

- (1) ผู้เรียนมีขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างไรบ้าง
- (2) ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการในการปฏิบัติงานหรือไม่ อย่างไร

3) กระบวนการกลุ่ม

- (1) ผู้เรียนมีการวางแผนการทำงานหรือไม่ อย่างไร
- (2) ผู้เรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการทำงานหรือไม่ อย่างไร

4) การแก้ปัญหา

- (1) ผู้เรียนมีการตรวจสอบ ปรับปรุงผลงานอย่างไร
- (2) ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

5) การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

(1) ผู้เรียนคิดว่าทักษะกระบวนการมีประโยชน์ต่อการเรียนหรือไม่

(2) ผู้เรียนจะนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

3.4 รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองโดยใช้ประชากรเพียงกลุ่มเดียว ซึ่งลักษณะของการทดลองประกอบด้วย การทดสอบนักเรียนก่อนเรียน (Pre - test) ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (Treatment) โดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และทำการทดสอบนักเรียนหลังเรียน (Post - test) (ผ่องพรรณ ตรียมงคลกุล และสุภาพ ฉัตรารณ. 2559, หน้า 55) เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

$$\boxed{O_1 \quad X \quad O_2}$$

เมื่อ O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน

X แทน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ
เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้า
และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียน

3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 20 คน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ 16 ชั่วโมง ระยะเวลาในการทดลอง คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งมีขั้นตอนในการทดลอง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบก่อนที่จะทำการทดลองสอนในชั่วโมงแรก เพื่อศึกษาความรู้เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินการกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป ในการสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ จากการสัมภาษณ์นักเรียนว่าเป็นไปตามความมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่

ขั้นที่ 4 ทดสอบหลังเรียน หลังจากดำเนินการสอน ครบ 16 ชั่วโมง โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาใช้ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และหาค่าดัชนีประสิทธิผล

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่องการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่องการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

2. วิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีประสิทธิผล E.I. (เผชญิกิจระการ. 2542, หน้า 1-6)

3. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

4. ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2543, หน้า 102 - 103)

1.1 ค่าร้อยละ (Percentage) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545, หน้า 104)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าร้อยละ
	f	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	N	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2545, หน้า 105)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2545, หน้า 106)

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัว
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 การหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของ (Brennan)

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	U	แทน	จำนวนผู้สอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก
	L	แทน	จำนวนผู้สอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก
	n ₁	แทน	จำนวนผู้สอบผ่านเกณฑ์
	n ₂	แทน	จำนวนผู้สอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

2.3 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum X - \sum X_i^2}{(k-1) \sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ	r _{cc}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	X _i	แทน	คะแนนของแต่ละคน
	∑X _i	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกคน
	∑X ²	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกคน
	C	แทน	คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ
			ใช้ 50 เปอร์เซนต์

2.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item Total Correlation) โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ดังนี้

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ	r _{xy}	แทน	ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนชุด X กับ Y
	∑X	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X
	∑Y	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y

ΣX^2	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X แต่ละตัว ยกกำลังสอง
ΣY^2	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y แต่ละตัว ยกกำลังสอง
ΣXY	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X และ Y คูณกันแต่ละคู่
N	แทน	จำนวนประชากรทั้งหมด

2.5 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	α	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบสอบถามความพึงพอใจ
	$\sum S_i^2$	แทน	ผลรวมของความแปรปรวนในแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนรวม

3. การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

3.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ใช้สูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนผู้เรียนทุกคนทำได้
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมในบทเรียน
	N	แทน	จำนวนผู้เรียน

3.2 ประสิทธิภาพของของผลลัพธ์ (E_2) ใช้สูตร ดังนี้

$$E_2 = \frac{\sum Y}{N} \times 100$$

B

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	ΣY	แทน	คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
	N	แทน	จำนวนผู้เรียน

4. การวิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผล (The Effective Index) ของผู้เรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้สูตรค่าดัชนีประสิทธิผล คำนวณตามวิธีการของ Goodman และ Schneider

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุก}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุก}}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรายงานการวิจัย ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ ดังนี้

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$E.I.$ แทน ดัชนีประสิทธิผล

4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ตอนที่ 4 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละแผนและประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน จำนวน 4 แผน มีคะแนนเต็มแผนละ 40 คะแนน มีค่าเท่ากับ 137.42 จากคะแนนเต็ม 160 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.89 นั่นคือประสิทธิภาพของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 85.89

ตาราง 6 ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ

เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

คะแนน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
คะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงานและการประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน	160	137.42	18.3	85.89
คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียน	20	16.89	2.58	84.45
ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบทักษะกระบวนการ (E_1/E_2) เท่ากับ 85.89/84.45				

จากตาราง 6 พบว่า คะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงานและการประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 137.42 คิดเป็นร้อยละ 85.89 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.89 คิดเป็นร้อยละ 84.45 สรุปได้ว่าแผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 85.89/84.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่องการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 3 แผนกช่างยนต์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ดังตารางที่ 7

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ โดยนำคะแนนจากผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและ

อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีค่าคะแนน ดังนี้

ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน = 820 คะแนน

ผลรวมคะแนนจากการทดสอบหลังเรียน = 1,252 คะแนน

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } E. I. &= \frac{1,252 - 820}{(36 \times 40) - 820} \\ &= \frac{432}{1440 - 820} \\ &= \frac{432}{620} \\ &= 0.6967 \end{aligned}$$

ตาราง 7 ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม		ร้อยละ		E.I.
			ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
กลุ่มตัวอย่าง	36	40	820	1,252	56.95	86.95	0.6967

จากตาราง 7 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ มีค่า 0.6967 แสดงว่าผู้เรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 69.67

ตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนที่เน้นทักษะกระบวนการ	4.00	0.87	มาก
2. ผู้เรียนมีโอกาสร่วมมือและช่วยเหลือกันในการปฏิบัติงานกลุ่ม	4.19	0.62	มาก
3. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในกลุ่ม	4.15	0.77	มาก
4. การเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทำให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง	4.44	0.57	มาก
5. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ไขปรับปรุงผลงานตนเอง	4.15	0.77	มาก
6. นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง	4.04	0.85	มาก
7. ผู้เรียนมีอิสระในการคิดและแสดงออกในสิ่งที่ตนเองสนใจ	4.04	0.70	มาก
8. ผู้เรียนได้ค้นคว้าแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง	4.30	0.66	มาก
9. ผู้เรียนใฝ่รวมกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น	4.26	0.76	มาก
10. ผู้สอนเปิดโอกาสและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียน	4.37	0.74	มาก
11. ผู้สอนให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะแก่ผู้เรียน	4.30	0.66	มาก
12. ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนวิธีการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	4.63	0.62	มากที่สุด
13. การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการ	4.67	0.48	มากที่สุด
14. ผู้เรียนสามารถนำทักษะกระบวนการไปใช้ในชีวิตประจำวัน	4.48	0.70	มาก

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความพึงพอใจ
15. ความรู้และทักษะจากการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพ	4.30	0.66	มาก
16. ผู้เรียนพึงพอใจที่ได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติจริง	4.56	0.69	มากที่สุด
17. ผู้เรียนพอใจในคะแนนของผลงานที่กลุ่มของผู้เรียนทำได้	4.33	0.67	มาก
18. ผู้เรียนสามารถนำความรู้จากการปฏิบัติให้เกิดผลงานได้	4.44	0.50	มาก
19. ผู้เรียนรู้สึกภูมิใจที่สามารถปฏิบัติงานจนประสบความสำเร็จ	4.67	0.48	มากที่สุด
20. ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้	4.70	0.46	มากที่สุด
21. ทักษะกระบวนการเป็นขั้นตอนการเรียนรู้ที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป	4.33	0.62	มาก
22. ขั้นตอนนักในปัญหาและความจำเป็นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น	3.85	0.53	มาก
23. ขั้นคิด วิเคราะห์ วิวิจารณ์ ช่วยให้ทราบถึงข้อบ่งชี้เนื้อหาที่จะต้องศึกษาเรียนรู้	4.30	0.60	มาก
24. การสร้างทางเลือกที่หลากหลายช่วยให้เลือกแหล่งเรียนได้เหมาะสมยิ่งขึ้น	4.15	0.36	มาก
25. การประเมินทางเลือกช่วยให้ได้แหล่งเรียนรู้ที่ดีที่สุด และสะดวกต่อการศึกษาเรียนรู้	3.96	0.51	มาก
26. การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติช่วยให้ทำกิจกรรมได้บรรลุตามจุดประสงค์และครบตามเนื้อหาที่ต้องการ	4.11	0.57	มาก
27. การจัดการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้นและเกิดความภาคภูมิใจ	4.63	0.49	มากที่สุด
28. การประเมินผลระหว่างการปฏิบัติช่วยให้เห็นข้อบกพร่อง ส่งผลต่อการปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น	4.30	0.54	มาก

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความพึงพอใจ
29. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะ กระบวนการตอบสนองการเรียนรู้ร่วมกัน	4.33	0.62	มาก
30. การประเมินผลรวมเป็นผลดีต่อการปฏิบัติงาน ครั้งต่อไป	4.15	0.45	มาก
31. ผู้เรียนพอใจต่อทักษะกระบวนการ	4.37	0.49	มาก
32. ทักษะกระบวนการแต่ละขั้นมีความต่อเนื่อง	4.26	0.59	มาก
33. การเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการส่งผลดี ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน	4.48	0.50	มาก
34. ผู้เรียนพึงพอใจการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ	4.41	0.69	มาก
35. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะ กระบวนการช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น	4.41	0.50	มาก
36. ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริงในการประกอบวงจร อิเล็กทรอนิกส์	4.70	0.54	มากที่สุด
37. ผู้เรียนพึงพอใจในผลงานของตนเอง	4.63	0.49	มากที่สุด
38. ผู้เรียนสามารถร่วมกันแก้ไขปรับปรุงผลงาน ด้วยตนเองได้	4.59	0.50	มากที่สุด
39. ผู้เรียนสามารถนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนได้	4.44	0.69	มาก
40. ผู้เรียนรู้สึกประทับใจในการปฏิบัติงานกลุ่ม	4.48	0.64	มาก
โดยรวม	4.35	0.22	มาก

จากตาราง 8 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ โดยรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อจำแนกเป็นรายข้อ พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 9 ข้อ โดยมีข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1) ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริงในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2) ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ 3) การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการ 4) ผู้เรียนรู้สึกภูมิใจที่สามารถปฏิบัติงานจนประสบความสำเร็จ 5) ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนวิธีการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 6) การจัดการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้นและเกิดความภาคภูมิใจ 7) ผู้เรียนพึงพอใจ ในผลงานของตนเอง 8) ผู้เรียนสามารถร่วมกันแก้ไขปรับปรุงผลงานด้วยตนเองได้ 9) ผู้เรียนพึงพอใจ ที่ได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติจริงและมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ

ตอนที่ 4 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผลการใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ มีดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า มีสมรรถนะประจำหน่วย ดังนี้ 1) แสดงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า 2) เขียนความสัมพันธ์ของแรงดัน กระแส ความต้านทาน 3) นำแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ไปใช้งาน 4) ประกอบวงจรไฟฟ้า แบบต่าง ๆ ได้ 5) คำนวณ วัดค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้า โดยมีจุดประสงค์ด้านความรู้ ได้แก่ 1) อธิบายโครงสร้างของอะตอมได้ 2) บอกวิธีการแบ่งสารทางไฟฟ้าได้ 3) อธิบายวิธีการทำให้เกิดประจุด้วยวิธีต่าง ๆ ได้ 4) เขียนความสัมพันธ์ของแรงดัน กระแส และความต้านทานได้ 5) อธิบายองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าได้ ด้านทักษะ ได้แก่ 1) ประกอบวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน และผสมได้ 2) นำแหล่งจ่ายไฟฟ้า แบบต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้งานได้ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ 1) การเตรียมความพร้อมด้านการเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ 2) ความมีเหตุมีผลในการปฏิบัติงาน ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 3) มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนมีความตั้งใจเรียน มีความกระตือรือร้นในการทำงาน แต่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการทำงานในระบกกุ่ม ที่ผู้เรียนบางคนยังไม่รู้จักหน้าที่ของตนเองในกลุ่ม การขาดทักษะด้านคิดคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า การวัดและทดสอบค่าทางไฟฟ้าในวงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม ผู้เรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูจึงต้องคอยแนะนำในเรื่องของการทำงานกลุ่มอย่างใกล้ชิด รวมถึงการดูแลด้านความปลอดภัย ของผู้เรียนในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ

2. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน มีสมรรถนะประจำหน่วย ดังนี้ 1) แสดงความรู้เกี่ยวกับตัวต้านทาน 2) อ่านค่าความต้านทาน 3) นำตัวต้านทานไปต่อวงจร แบบอนุกรม ขนาน ผสม โดยมีจุดประสงค์ด้านความรู้ ได้แก่ 1) อธิบายรายละเอียดของตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้ 2) เขียนหน่วยของตัวต้านทานได้ ด้านทักษะ ได้แก่ 1) อ่านค่าความต้านทานได้ 2) นำตัวต้านทานไปต่อในวงจรแบบต่าง ๆ ได้ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ 1) การเตรียมความพร้อมด้านการเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ 2) ความมีเหตุมีผลในการปฏิบัติงาน ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 3) มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียนรู้ สามารถอ่านค่าและต่อวงจรตัวต้านทานได้อย่างถูกต้อง มีความกระตือรือร้นในการทำงาน รู้จักการใช้งาน และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอย่างถูกต้อง ในกระบวนการทำงานกลุ่ม ผู้เรียนกล้าแสดง ความคิดเห็นมากขึ้น เริ่มรู้จักบทบาทหน้าที่ของการทำงานกลุ่มมากขึ้น มีการแบ่งหน้าที่กันทำงาน ตามความเหมาะสมของแต่ละคนภายในกลุ่ม แต่ครูยังต้องคอยดูแล ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

3. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ มีสมรรถนะประจำหน่วย ดังนี้
1) แสดงความรู้เกี่ยวกับตัวเก็บประจุ 2) อ่านค่าตัวเก็บประจุ 3) ตรวจสอบตัวเก็บประจุ 4) นำตัวเก็บประจุไปต่อวงจรแบบอนุกรม ขนาน ผสม โดยมีจุดประสงค์ด้านความรู้ ได้แก่ 1) อธิบายรายละเอียดของ ตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ได้ ด้านทักษะ ได้แก่ 1) อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ 2) ตรวจสอบตัวเก็บประจุได้ 3) นำตัวเก็บประจุไปต่อในวงจรแบบต่าง ๆ ได้ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ 1) การเตรียมความพร้อมด้านการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ 2) ความมีเหตุมีผลในการปฏิบัติงานตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 3) มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ สามารถอ่าน ค่าและต่อวงจรตัวเก็บประจุได้อย่างถูกต้อง มีความตั้งใจในการปฏิบัติงาน ผู้เรียนสามารถทำงานเป็นกลุ่มได้ดีขึ้น โดยรู้จักการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ กล้าแสดงความคิดเห็นและซักถามปัญหามากขึ้น ในการเตรียมตัวเก็บประจุที่ใช้ในการทดลอง มีบางกลุ่มที่ได้ตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่ตรงตามใบงาน ครูจึงต้องแก้ปัญหาโดยการใช้อุปกรณ์ที่สำรองไว้

4. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคนิคการบัดกรีและการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีสมรรถนะประจำหน่วย ดังนี้ 1) แสดงความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการบัดกรีและการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2) สร้างแผนวงจรพิมพ์ได้อย่างถูกต้อง 3) ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง 4) ใช้เทคนิคการบัดกรีชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง 5) ถอนงานบัดกรี โดยมีจุดประสงค์ด้านความรู้ ได้แก่ 1) บอกความหมายของการบัดกรีได้ถูกต้อง 2) บอกชนิดของหัวแร้งที่ใช้ในงานบัดกรีได้ 3) บอกเทคนิคในการบัดกรีชิ้นงานได้ถูกต้อง 4) บอกวิธีในการประกอบวงจรได้ถูกต้อง ด้านทักษะ ได้แก่ 1) สร้างแผนวงจรพิมพ์ได้ 2) ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง 3) ทดสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ 1) การเตรียมความพร้อมด้านการเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ 2) ความมีเหตุมีผลในการปฏิบัติงานตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 3) มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้จากการปฏิบัติงาน ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์จริง สังเกตจากนักเรียนมีความสุขในการเรียนรู้และกระตือรือร้นที่จะทำการประกอบวงจรของกลุ่มตนเองให้เกิดเสียง เช่นเดียวกับชิ้นงานตัวอย่างที่ครูนำมาแสดง สามารถทำงานกลุ่มได้ดีขึ้น รู้จักการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบและช่วยเหลือกันภายในกลุ่มผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ได้อย่างถูกต้อง มีการใช้ทักษะกระบวนการในทุกกลุ่ม มีการซักถามปัญหา ซึ่งครูได้ให้คำแนะนำวิธีการแก่นักเรียน และให้ผู้เรียนได้แก้ไขปัญหาด้วยตนเองโดยครูกอยก่ากับอย่างใกล้ชิด ผู้เรียนสามารถทำงานได้สำเร็จลุล่วง ทำให้วงจรเสียงไซเรนที่ผู้เรียนประกอบขึ้น สามารถทำงานได้ ผู้เรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานกลุ่มที่ร่วมกันจัดทำขึ้น จากการสัมภาษณ์ ผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะกระบวนการในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้ในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบต่าง ๆ และการใช้งานในชีวิตประจำวันได้

โดยสรุปในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มและเรียนรู้ตามขั้นตอนของการพัฒนาทักษะกระบวนการ ได้แก่ ขั้นศึกษาและวิเคราะห์ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ และขั้นประเมินและปรับปรุง ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติงานทั้ง

ในฐานะผู้นำกลุ่มและสมาชิกกลุ่มและเกิดความสามัคคีร่วมมือกันในกลุ่ม ผู้เรียนให้การช่วยเหลือกันทำงานด้วยความรับผิดชอบ ขยัน มุ่งมั่น และอดทน ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน กล้าคิด กล้าถาม กล้าแสดงออก และทำงานได้สำเร็จจุล่ง เสริมทันเวลา ในระหว่างการจัดกิจกรรมพบว่า มีปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ได้แก่ มีปัญหาในเรื่องของเวลาที่ไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ครูจึงต้องมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ให้ครบและจัดเป็นชุดไว้ในการปฏิบัติกิจกรรมบางแผน พบว่า มีบางกลุ่มได้อุปกรณ์ ที่ชำรุดจากการใช้งาน ครูจึงต้องแก้ปัญหาโดยการใช้อุปกรณ์ชุดที่สำรองไว้ นอกจากนี้ยังพบว่า ในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มในครั้งแรก ๆ ผู้เรียนจะยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูจึงต้องคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าที่จะพูด กล้าแสดงออก และครูต้องพูดชมเชย ให้กำลังใจในการทำงานและคอยให้ความช่วยเหลือ แนะนำ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดทักษะกระบวนการ สามารถวิเคราะห์งาน วางแผนการทำงาน ปฏิบัติงาน ประเมินและปรับปรุงงานด้วยกระบวนการกลุ่ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

รายงานการวิจัยเพื่อการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.3 อภิปรายผล

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อศึกษาดัชนี ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

4. เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

5.2 สรุปผลการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.89/84.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

2. ดัชนี ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ มีค่า 0.6967 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 69.67

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับมาก

4. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ สามารถช่วยให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มและเรียนรู้ตามขั้นตอนของการพัฒนาทักษะกระบวนการ ได้แก่ ขั้นศึกษาและวิเคราะห์ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ และขั้นประเมินและปรับปรุง ได้ฝึกปฏิบัติงานทั้งในฐานะผู้นำกลุ่มและสมาชิกกลุ่ม และเกิดความสามัคคีร่วมมือกันในกลุ่มให้การช่วยเหลือกันทำงาน ด้วยความรับผิดชอบ ขยัน มุ่งมั่น และอดทน มีความกระตือรือร้นในการเรียน กล้าคิด กล้าถาม กล้าแสดงออก และทำงานได้สำเร็จ ลุล่วง เสร็จทันเวลา นักเรียนเกิดการเรียนรู้มีพฤติกรรม ทักษะกระบวนการ ช่วยให้ผู้เรียนมีสติ รู้จักคิดและพิจารณาสิ่งต่าง ๆ อย่างสุขุมรอบคอบ ใช้ปัญญาความสามารถคิดวิเคราะห์วางแผน การกระทำต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอน คิดใคร่ครวญการกระทำ มีการประเมินและปรับปรุงการกระทำอยู่เสมอ

5.3 อภิปรายผล

จากรายงานการวิจัย เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น จากการใช้แผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามรูปแบบเอกสารตำราแบบเดิม มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับเพียงความรู้ แต่ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ ไม่สามารถแก้ไขปัญหา เฉพาะหน้าได้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการปฏิบัติงาน สามารถวิเคราะห์และวางแผนการทำงาน ได้ฝึกปฏิบัติงานจริง ประเมิน และปรับปรุงผลการปฏิบัติงาน และสามารถทำงานเป็นกลุ่มได้ โดยมีประเด็นที่ควรนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.89/84.45 หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนน จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน และการประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียนของผู้เรียนทั้งหมด ร้อยละ 85.89 และค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 84.45 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการได้ผ่านกระบวนการขั้นตอนการสร้างอย่างมีระบบ โดยการศึกษาจุดประสงค์ โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มาตรฐานวิชาชีพสาขางานอิเล็กทรอนิกส์ โดยพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านกระบวนการพัฒนา อย่างเป็นขั้นตอน มีการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีการพิจารณาตรวจสอบจากกอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ มีการทดลองใช้เพื่อปรับปรุงจนทำให้ได้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

2. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าพัฒนาขึ้น พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทักษะกระบวนการมีค่า 0.4555 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 45.55 ทั้งนี้เนื่องจากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ผ่านกระบวนการสร้างและพัฒนาอย่างเป็นระบบ เน้นกิจกรรม ตามขั้นตอน เน้นกิจกรรมตามทักษะกระบวนการที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองและยังมีโอกาสได้ฝึกการทำงานกลุ่ม ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากใบความรู้และแหล่งเรียนรู้ มีใบงานให้ผู้เรียน ได้ระดมสมองทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนตามทักษะกระบวนการ สอดคล้องกับเนื้อหา และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีพฤติกรรมที่ดี ทักษะกระบวนการช่วยให้ผู้เรียนมีสติ รู้จักคิดและพิจารณาสิ่งต่าง ๆ อย่างสุขุมรอบคอบ ใช้ปัญญา ความสามารถคิดวิเคราะห์ วางแผนการกระทำต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอน ใฝ่คว้าความรู้การกระทำ มีการประเมิน และปรับปรุงการกระทำอยู่เสมอ

3. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดทักษะกระบวนการสามารถวิเคราะห์งาน วางแผนการทำงาน ปฏิบัติงานประเมินและปรับปรุงงานด้วยกระบวนการกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามมาตรฐานวิชาชีพ ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ซึ่งทักษะกระบวนการที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถ นำความรู้และทักษะไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันและใช้เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพได้

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ปรากฏว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในระดับมาก แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้ โดยมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ อยู่ในระดับมาก

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ผู้วิจัยมีความภาคภูมิใจในการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ช่วยให้ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เกิดทักษะในการปฏิบัติงานประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ตามลำดับขั้นตอน จากการให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ นักเรียน ดูต้นแบบที่ครูนำมาแสดง ผู้เรียนปฏิบัติงานตามครูอย่างเป็นขั้นตอน ผู้เรียน

ปฏิบัติงานเองโดยไม่มีแบบแต่ใช้ใบงานเป็นแนวทาง และผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานเองซึ่งแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการที่ผู้ศึกษาค้นคว้าสร้างขึ้นได้ผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพแล้ว ครูผู้สอนและผู้ที่สนใจในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ครูผู้สอนที่จะนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ไปใช้สอนในชั้นเรียน ควรมีการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการฝึกปฏิบัติ ไว้ให้เพียงพอกับจำนวนของผู้เรียน ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพดีและควรเตรียมชุดสำรองไว้ ซึ่งจะช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนเป็นไปตามเวลาที่กำหนดไว้

1.3 ควรมีการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ โดยนำเนื้อหา เรื่อง การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เกี่ยวกับการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยตนเองแทนการใช้ชุดประกอบวงจร ซึ่งจะช่วยให้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ในการเตรียมอุปกรณ์ ทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจมากขึ้น และเป็นพื้นฐานในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ ในสาขาวิชาอื่น ๆ ในเนื้อหาที่เหมาะสมหรือนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควบคู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน

2.2 ควรมีการศึกษาพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการ โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจ ความถนัด ความต้องการ และเหมาะสมกับความสามารถของตนในการประดิษฐ์ชิ้นงานที่เกิดจากการเรียนการสอน

2.3 ควรได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับผลของการใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทักษะกระบวนการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความรับผิดชอบ และความคงทนในการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้และระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.
- ชอบ ลีซอ. (2536). “บทความแนวทางการวิเคราะห์และการประเมินทักษะกระบวนการ,” *การวัดผลการศึกษา*. 14(13) : 54-83 ; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2536.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. (2521). *นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญสืบ โพธิ์ศรี และศุภโชค พานทอง. (2562). *งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.
- เผชญิ กิจระการ. (ม.ป.ป.). “ดัชนีประสิทธิผล,” ใน *เอกสารประกอบการสอนวิชา 50.710*. หน้า 1-6. มหาสารคาม : ภาควิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เผชญิ กิจระการ และสมนึก ภัททิยธนี. (2545). “ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I.),” ใน *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 8 : 30-36 ; กรกฎาคม, 2545.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. (2556). *งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2531). *หลักการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศึกษาพร.
- สมยศ นาวิการ. (2521). *การบริหารพัฒนาองค์การและแรงจูงใจ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดวงกลม.
- สงบ ลักษณะ. (2534). *การเพิ่มคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในการใช้หลักสูตร ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533*. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ.
- สุดารัตน์ สุขสวัสดิ์. (2558). *การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ เรื่อง การถนอมอาหาร กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุพล วังสินธุ์. (2536). “การจัดทำแผนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ,” *สารพัฒนาหลักสูตร*. 12(114) : 5-6 ; เมษายน-พฤษภาคม, 2536.
- สุภาภรณ์ ฝอยพิกุล. (2557). *การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุริรัตน์ การดี. (2557). *การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่อง การปลูกข้าวโพดหวาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟิค.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2543). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- อานนท์ กระบอโก. (2543). *ความพึงพอใจของนักศึกษาวิชาทหารที่มีต่อการฝึกวิชาทหารในหน่วยฝึกนักศึกษาวิชาทหารในจังหวัดทหารบกสกลนคร ปีการศึกษา 2542*. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Botha M, J.G. Maree and M.W. de Witt. (2005). "Developing and Piloting the Planning For Facilitating Mathematical Processes and Strategies for Preschool Learners," *Early Child Development and Care*. 175(7-8) : 697-717 ; November, 2005.
- Ewers, Timothy Gorman. (2002). "Teacher-Directed Versus Learning Cycles Methods : Effects on Science Process Skills Mastery and Teacher Efficacy Among Elementary Education Students," *Dissertation Abstracts International*. 62(7) : 2387-A ; January, 2002.
- Hofstein, Avi, Relly Shore and Mira Kipnis. (2004). "Providing High School Chemistry Students With Opportunities to Develop Learning Skill In An Inquiry-Type Laboratory : A Case Study," *International Journal of Science Education*. 26(1) : 47-62 ; January, 2004.
- Trumbull, Deborah J., Grace Scarano, Rick Bonney. (2006). "Relations Among Two Teachers' Practices And Beliefs, Conceptualizations of The Nature of Science, And Their Implementation of Student Independent Inquiry Projects," *International Journal of Science Education*. 28(14) : 1717-1750 ; November, 2006.