

หน่วยที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกกระบวนการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ แก่สโตนคอบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปใช้สำหรับฝึกนักศึกษา ให้มีทักษะในการตรวจสอบ วิเคราะห์และนำไปปฏิบัติจริงจนเกิดทักษะปฏิบัติ เพื่อให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากตำรา เอกสารและงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อประกอบการทำวิจัยดังนี้

- 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557
- 2.2 การจัดการเรียนการสอน
- 2.3 ความหมายของชุดฝึก
- 2.4 การสร้างชุดฝึก
- 2.5 การประเมินคุณภาพสื่อชุดฝึก
- 2.6 การหาประสิทธิภาพชุดฝึก
- 2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.8 ทฤษฎีระบบชนิดเชื่อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557

2.1.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาได้พัฒนาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ให้มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และแผนการศึกษาแห่งชาติ ทั้งในระดับชุมชน ระดับท้องถิ่น และระดับชาติ เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกเรียนได้อย่างกว้างขวาง เน้นสมรรถนะด้วยการปฏิบัติจริง ผู้เรียนสามารถเลือกวิถีเรียนตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน หลักสูตรดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายหลายประการดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

2.1.1.1 เพื่อให้มีความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิต สามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมหรือศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

2.1.1.2 เพื่อให้มีทักษะและสมรรถนะในงานอาชีพตามมาตรฐานวิชาชีพ

2.1.1.3 เพื่อให้สามารถบูรณาการความรู้ ทักษะ จากศาสตร์ต่าง ๆ ประยุกต์ใช้ในงานอาชีพ สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี

2.1.1.4 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภูมิใจในงานอาชีพ รักองค์กร สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี และมีความภาคภูมิใจในตนเองต่อการเรียนวิชาชีพ

2.1.1.5 เพื่อให้มีปัญญา ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการจัดการการตัดสินใจและการแก้ปัญหา รู้จักแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ มาพัฒนาตนเอง ประยุกต์ใช้ความรู้ในการสร้างงานให้สอดคล้องกับวิชาชีพ

2.1.1.6 เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์ มีวินัย มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรงทั้งร่างกายและจิตใจเหมาะสมกับการปฏิบัติในอาชีพนั้น ๆ

2.1.1.7 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรม ทางสังคมที่ดีงาม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด ทั้งในการทำงานการอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว องค์กร ท้องถิ่นและประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคมเข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปวัฒนธรรมไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตระหนักในปัญหาและความสำคัญของสิ่งแวดล้อม

2.1.1.8 เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการพัฒนาและแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจของประเทศโดยเป็นกำลังสำคัญในด้านการผลิตและให้บริการ

2.1.1.9 เพื่อให้เห็นคุณค่าและดำรงไว้ซึ่งสถาบันชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ ปฏิบัติตนในฐานะพลเมืองดีตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

การประกันคุณภาพหลักสูตร

ให้ทุกหลักสูตรกำหนดระบบประกันคุณภาพไว้ให้ชัดเจนอย่างน้อยประกอบด้วย 4 ประเด็น คือ

- 1 คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษา
- 2 การบริการหลักสูตร
- 3 ทรัพยากรการจัดการอาชีวศึกษา
- 4 ความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน

ให้สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาและสถานศึกษาจัดให้มีการประเมินเพื่อพัฒนาหลักสูตรที่อยู่ในความรับผิดชอบอย่างต่อเนื่อง อย่างน้อยทุก 5 ปี

2.1.2 โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 แบ่งเป็น 3 หมวดวิชา และมีกิจกรรมเสริมหลักสูตรดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

2.1.2.1 หมวดวิชาทักษะชีวิต ไม่น้อยกว่า 21 หน่วยกิต

2.1.2.1.1 กลุ่มทักษะภาษาและการสื่อสาร

2.1.2.1.2 กลุ่มทักษะการคิดและการแก้ปัญหา

2.1.2.1.3 กลุ่มทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิต

2.1.2.2 หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ ไม่น้อยกว่า 56 หน่วยกิต

2.1.2.2.1 กลุ่มทักษะวิชาชีพพื้นฐาน

2.1.2.2.2 กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ

2.1.2.2.3 กลุ่มทักษะวิชาชีพเลือก

2.1.2.2.4 ฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ

2.1.2.2.5 โครงการพัฒนาทักษะวิชาชีพ

2.1.2.3 หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต

2.1.2.4 กิจกรรมเสริมหลักสูตร (จำนวน 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์)

รวมไม่น้อยกว่า 83 หน่วยกิต

จำนวนหน่วยกิตของแต่ละหมวดวิชาตลอดหลักสูตร ให้เป็นไปตามที่กำหนดในโครงสร้างของแต่ละประเภทวิชาและสาขาวิชา ส่วนรายวิชาแต่ละหมวดวิชา สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันสามารถจัดตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรหรือจัดตามความเหมาะสมของภูมิภาคตามยุทธศาสตร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ทั้งนี้สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันต้องกำหนดรหัสวิชา จำนวนหน่วยกิต และจำนวนชั่วโมงเรียน ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

2.1.3. หลักสูตรรายวิชางานระบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ วิชางานระบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3101 - 2101 บรรจุในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรมในกลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ สาขาวิชาช่างยนต์กำหนดให้นักเรียนต้องเรียน 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต มีรายละเอียดดังนี้

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการของระบบควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์
2. สามารถวิเคราะห์แก้ไขปัญหาคัดข้องซ่อมและปรับแต่งระบบควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์
3. มีกิจนิสัยที่ดี ในการสืบเสาะหาความรู้ในการทำงานปฏิบัติงานด้วยความประณีต รอบคอบประหยัดมีวินัยตรงต่อเวลาตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงานและรักษาสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการของระบบควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์
2. บำรุงรักษาระบบควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตามคู่มือ
3. ตรวจสอบและปรับแต่งระบบควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตามคู่มือ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการงานการตรวจสอบการวิเคราะห์ปัญหาการซ่อมและการปรับแต่งอุปกรณ์ระบบควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตามคู่มือ

2.2 การจัดการเรียนการสอน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ดีนั้น ควรเป็นไปเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสุขทั้งทางกาย ปัญญา คุณธรรมและทักษะการใช้ชีวิต สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพและใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และส่วนรวม

การสอนที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพเพื่อบรรลุผลตามความมุ่งหมายนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ตามทัศนะของนักการศึกษาและนักวิชาการ ดังนี้

สุชาติ (2527) ได้อธิบายถึงกระบวนการเรียนรู้ว่าบุคคลจะเกิดการเรียนรู้ได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้น ได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียน มีความตั้งใจและสนใจที่จะเรียน ต้องการทำอะไรบางอย่างที่แปลกใหม่หรือไม่เคยทำได้มาก่อนหรือเมื่อประสบปัญหาที่มีความสนใจที่จะแก้ปัญหา นั้น ซึ่งจะเริ่มด้วยขั้นสนใจปัญหา (Motivation)

2) เมื่อผู้เรียนประสบปัญหา มีความต้องการ หรือสนใจที่จะแก้ปัญหา นั้น แต่ด้วยเหตุที่เป็น ปัญหาใหม่ที่ไม่เคยรู้หรือทำได้มาก่อนย่อมต้องการการศึกษาข้อมูล และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือ เนื้อหาเรื่องราวต่าง ๆ เพื่อที่จะได้นำไปใช้ในการแก้ปัญหา นั้น เป็นขั้นศึกษาข้อมูล (Information)

3) เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่า ข้อมูลหรือเนื้อหาเรื่องราวที่ได้จากการศึกษามานั้นถูกต้อง เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาจริง ย่อมต้องการการฝึกหัด การทดลองใช้งานข้อมูลหรือเนื้อหา นั้นใน การแก้ปัญหาจริง ซึ่งจะ เป็นขั้นพยายาม (Application)

4) การได้พยายามนำข้อมูลหรือเนื้อหา มาใช้แก้ปัญหา ย่อมจะได้ผลออกมา ซึ่งหากข้อมูลที่ ศึกษา มานั้นมีความถูกต้องและมีปริมาณเพียงพอ ก็ย่อมจะแก้ปัญหาดังกล่าวให้สำเร็จลงได้ ซึ่งจะ ทำให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น แต่ถ้าหากแก้ปัญหาไม่ได้หรือไม่สำเร็จ ก็จะต้องทบทวนย้อนขึ้นตอนของ กระบวนการอีกครั้ง ในขั้นท้ายสุดนี้เรียกว่าขั้นสำเร็จผล (Progress)

อาภรณ์ (2546) ได้กล่าวถึงหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

1. จัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับกิจกรรมของหลักสูตร
2. จัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การสอน
3. จัดกิจกรรมให้สอดคล้องและเหมาะสมกับวัย
4. จัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหาวิชา
5. จัดกิจกรรมให้มีลำดับขั้นตอน
6. จัดกิจกรรมให้น่าสนใจ
7. จัดกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำกิจกรรม
8. จัดกิจกรรมโดยใช้วิธีการที่ทำหายความคิดความสามารถของผู้เรียน
9. จัดกิจกรรมโดยใช้เทคนิควิธีการสอนที่หลากหลาย
10. จัดกิจกรรมโดยให้มีบรรยากาศที่รื่นรมย์
11. จัดกิจกรรมแล้วต้องมีการวัดผลการใช้กิจกรรมนั้นทุกครั้ง

สุราษฎร์ (2552) ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามรายวิชาของหลักสูตรไว้ดังนี้

การจัดการเรียนการสอนวิชาภาคทฤษฎี

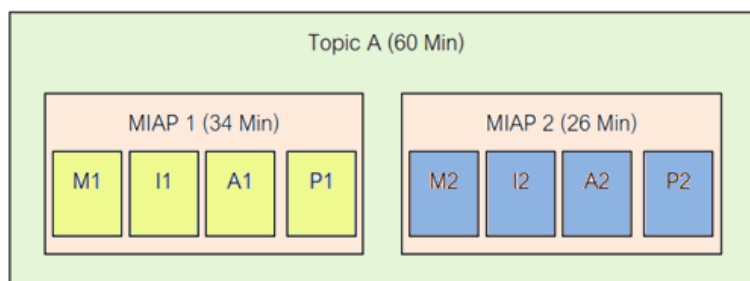
การจัดการเรียนการสอนวิชาภาคทฤษฎีหรือการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ วิชาภาคทฤษฎีมี จุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ สามารถนำความรู้ที่มีอยู่นั้นไปใช้แก้ปัญหาเชิงความคิดให้สำเร็จ ล่วงลงได้ การจัดการเรียนการสอนวิชาภาคทฤษฎีนี้ มีลักษณะรูปแบบและวิธีการต่าง ๆ มากมาย เช่น การบรรยายในห้องเรียน การจัดทำบทเรียนเป็นวีดิทัศน์ การจัดบทเรียนเป็นสไลด์โปรแกรม การจัดบทเรียนเป็นหน่วยการเรียนรู้ การอบรมสัมมนาทางวิชาการ ฯลฯ ซึ่งหากจะพิจารณาถึงบทบาท ในการเรียนการสอนระหว่างครูผู้สอนกับผู้เรียนแล้วอาจจัดรูปแบบและวิธีการจัดการเรียน การสอนได้เป็น 3 ลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

ลักษณะที่ 1 เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยที่ตัวครูเป็นผู้มีบทบาทค่อนข้างมาก กล่าวคือ ครูผู้สอนเป็นผู้ให้ข้อมูลและเนื้อหาเรื่องราวต่าง ๆ ทางทฤษฎีทั้งหมดแก่ผู้เรียน การเรียนการสอนใน

ลักษณะนี้ ได้แก่ การสอนแบบบรรยาย การบรรยายประกอบการสาธิต เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์การสอนระดับ Recalled Knowledge ที่ต้องการฟื้นคืนความรู้ไปใช้

ลักษณะที่ 2 การจัดการเรียนการสอนโดยครูผู้สอนและผู้เรียน ร่วมกันคิดค้นหาข้อมูลและเนื้อหาวิชาด้วยกัน กล่าวคือ ครูผู้สอนเป็นผู้สร้างเงื่อนไขให้ผู้เรียนได้คิดค้นหาข้อมูลและเนื้อหาวิชาด้วยตัวเอง การจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยความเข้าใจมากขึ้น ขณะเดียวกันผู้สอนก็มีโอกาสที่จะปรับแต่งให้ผู้เรียนเรียนรู้ไปในทางที่ต้องการได้อย่างฉับพลัน ได้แก่ การสอนแบบถามตอบ การสอนแบบแก้ปัญหา เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์ Applied และ Transferred Knowledge ที่ต้องการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน

ลักษณะที่ 3 การจัดการเรียนการสอนโดยตัวผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบตัวเอง ตามหลักการที่ว่า “การเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง” กล่าวคือผู้เรียนจะศึกษาทำความเข้าใจข้อมูลและเนื้อหาวิชาต่าง ๆ จากสื่อการเรียนซึ่งมีอยู่แล้วหรือที่ครูผู้สอนได้จัดสร้างขึ้นมา การเรียนการสอนในลักษณะนี้มีข้อดีอยู่ที่ว่าผู้เรียนมีความเป็นอิสระในการเรียนมาก คนที่เรียนรู้ซ้ำมีโอกาที่จะศึกษาทบทวนใหม่ได้ เช่น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนสไลด์โปรแกรมบทเรียน e-Learning เป็นต้น ซึ่งหากได้รับการพัฒนาบทเรียนไว้ดีแล้ว ก็อาจใช้ได้สำหรับการเรียนการสอนในทุกระดับของวัตถุประสงค์การสอน อย่างไรก็ตามก็ติดตั้งได้กล่าวมาแล้วว่าในกระบวนการเรียนรู้นั้น ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญต่าง ๆ ถึง 4 ขั้นตอน ดังนั้นไม่ว่าจะจัดการเรียนการสอนภาคทฤษฎีในลักษณะใด ก็ควรที่จะสร้างบทเรียนให้ครบทั้ง 4 ขั้นตอน ซึ่งอาจแยกย่อยบทเรียนเป็นตอน ๆ ได้ ดังภาพที่ 2-1



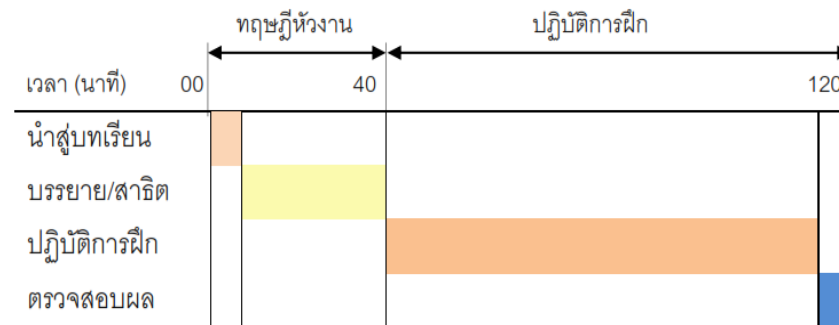
ภาพที่ 2-1 แสดงการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาคทฤษฎี รูปแบบ MIAP

การจัดการเรียนการสอนวิชาภาคปฏิบัติ

ในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติหรือการจัดประสบการณ์การเรียนรู้การปฏิบัติงานนั้น มีจุดประสงค์ที่สำคัญคือให้ผู้เรียนมีความรู้และมีทักษะฝีมือควบคู่กันไป เพื่อใช้ในการทำงานจริงเมื่อสำเร็จการศึกษาไปแล้ว สิ่งที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติก็คือจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือลงงานกันจริง ๆ ในเวลาที่เพียงพอเหมาะสม ส่วนเนื้อหาความรู้ที่ใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัตินั้นจะจำกัดอยู่แต่สิ่งที่จำเป็นสำหรับการทำงานเฉพาะงานหนึ่งๆเท่านั้น ซึ่งอาจจำแนกลักษณะรูปแบบและวิธีการเรียนการสอนปฏิบัติที่สำคัญเป็น 3 ลักษณะดังนี้

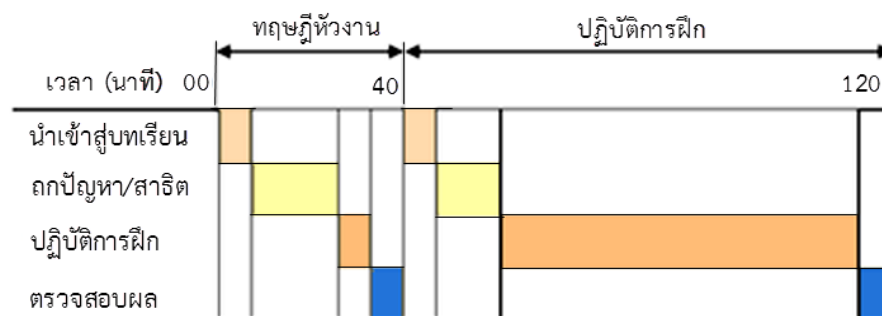
ลักษณะที่ 1 การจัดการเรียนการสอนโดยครูเป็นผู้บรรยายเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานประกอบการสาธิตให้ผู้เรียนดู ซึ่งอาจบรรยายและสาธิตตอนเริ่มการเรียนการสอนเพียง

ครั้งเดียวหรือจัดแบ่งออกเป็นช่วง ๆ ก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ให้ผู้เรียนฝึกในขณะที่ลงมือฝึกงาน ครูผู้สอนจะคอยสังเกต ให้คำปรึกษา ชี้แจงปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น การจัดการเรียนการสอน ในลักษณะนี้ เหมาะสำหรับงานที่ไม่ยุ่งยากในการฝึกและไม่ก่อให้เกิดอันตรายในการทำงาน ดังภาพที่ 2-2

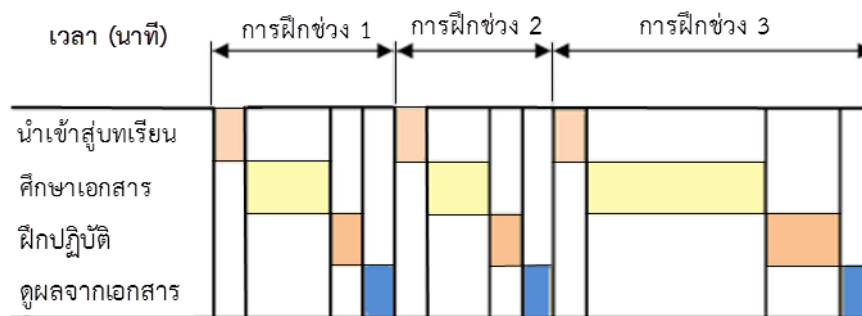


ภาพที่ 2-2 แสดงการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติโดยครูบรรยายสาธิต

ลักษณะที่ 2 การจัดการเรียนการสอนโดยครูและผู้เรียน ร่วมกันคิดหาวิธีการในการทำงาน อาจมีแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนแก้ปัญหา ในส่วนทฤษฎีซึ่งครูมีโอกาสที่จะตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนควบคู่กันไปด้วย ส่วนการปฏิบัติหรือฝึกทำงาน ครูอาจจะสาธิตให้ผู้เรียนฝึกหัดตามเป็นช่วง ๆ ขณะเดียวกันก็มีการถกปัญหาต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ผู้เรียนหาวิธีการ แก้ไข จนกระทั่งไม่มีข้อสงสัยในการฝึกหรือการทำงานแล้ว จึงให้ผู้เรียนปฏิบัติการฝึกเพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญภายใต้การดูแลและการให้คำแนะนำของครู วิธีการนี้เหมาะสำหรับการฝึกทักษะในทุกลักษณะโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่เสี่ยงต่อความเสียหายหรืออุบัติเหตุ เช่น งานกลึง งานกัด งานเจียรระโน เป็นต้น ดังภาพที่ 2-3



ลักษณะที่ 3 การจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนศึกษาวิธีการทำงานจากสื่อด้วยตัวเอง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้สำหรับการเรียนการสอนงานปฏิบัติที่ไม่มีอันตรายต่อเครื่องมือและตัวผู้เรียน เป็นงานที่มีเทคนิคการทำงานไม่ยุ่งยากซับซ้อน โดยจัดบทเรียนฝึกการทำงานออกเป็นช่วง ๆ ให้ผู้เรียนศึกษาแล้วปฏิบัติตามคำสั่งคำแนะนำซึ่งระบุเอาไว้เป็นตอน ๆ ตรวจสอบผลการทำงานตามวิธีการที่กำหนดไว้ เช่น การศึกษาการทำงานจากเอกสาร การศึกษาการปฏิบัติงานจากเทปโทรทัศน์ จากสไลด์ โปรแกรม จากภาพยนตร์ เป็นต้น ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 แสดงการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติจากเอกสารศึกษาด้วยตนเอง

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนปฏิบัตินั้น อาจต้องใช้เวลาอยู่บ้างเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกหัดทักษะต่าง ๆ ในการทำงาน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วสำหรับการฝึกงานหนึ่ง ๆ อาจต้องใช้เวลาประมาณ 3 เท่าของการเรียนการสอนทฤษฎี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ฝึกด้วยว่ามีความยุ่งยากซับซ้อนมากน้อยแค่ไหนและระดับพฤติกรรมผู้เรียนที่วัตถุประสงค์ต้องการว่า จะให้เกิดความชำนาญถึงระดับใด จากหลักการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในทางที่ต้องการโดยใช้รูปแบบ 4 ขั้นตอน คือ (1) สร้างความสนใจในสิ่งที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (Motivation) (2) ให้ข้อมูลหรือเนื้อหาเรื่องราวที่ถูกต้องและเพียงพอ (Information) (3) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองแก้ปัญหาโดยการนำข้อมูลหรือเนื้อหาเรื่องราวที่ได้รับจากการศึกษานั้นมาใช้ (Application) และ (4) การตรวจสอบผลจากขั้นพยายามว่าถูกหรือผิด (Progress)

การจัดการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติมีหลายรูปแบบและหลายวิธีการ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม โดยพิจารณาจาก (1) ระดับวัตถุประสงค์การสอนที่ต้องการ (2)ระดับพื้นฐานและความรับผิดชอบของผู้เรียน และ (3) ความยุ่งยากซับซ้อนของการเรียนการฝึกและภัยอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในการเรียนการฝึก

2.3 ความหมายของชุดฝึก

กุศยา (2545) กล่าวว่าชุดฝึกหรือแบบฝึก หมายถึง สื่อการเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่ใช้ฝึกทักษะให้กับผู้เรียนหลังจากเรียนจบเนื้อหา

ชัยยงค์ (2528) กล่าวว่าชุดการฝึกคือ สิ่งที่นักเรียนต้องใช้ควบคู่กับการเรียนมีลักษณะเป็นชุดการฝึกที่ครอบคลุมกิจกรรมที่นักเรียนพึงกระทำ อาจกำหนดแยกเป็นหน่วยหรืออาจรวมเล่มก็ได้

เดือนใจ (2544) กล่าวว่าชุดฝึก หมายถึง สื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติด้วยตนเองได้ฝึกทักษะเพิ่มเติมเนื้อหาจนปฏิบัติได้อย่างชำนาญ และให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

อัจฉรา (2535) กล่าวว่าชุดฝึก หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างความเข้าใจและเสริมเพิ่มเติมเนื้อหาในบางส่วน ช่วยให้นักเรียนได้ปฏิบัติและนำเอาความรู้ไปใช้ได้อย่างแม่นยำ ถูกต้องและคล่องแคล่ว

อุมาพร (2546) กล่าวว่าชุดฝึก หมายถึง สื่อที่สร้างขึ้นเพื่อเสริมสร้างทักษะให้กับนักเรียน มีลักษณะเป็นชุดการฝึกหัดที่มีกิจกรรมให้นักเรียนทำ โดยมีการทบทวนสิ่งที่เรียนมาแล้วจากบทเรียน ให้เกิดความเข้าใจ และเป็น การฝึกแก้ไขจุดบกพร่องเพื่อให้ นักเรียนได้มีทักษะยิ่งขึ้น

จากที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่าชุดฝึก หมายถึง สื่อที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียน การสอนให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม ได้ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้หลาย ๆ แบบ มีลักษณะเป็นกิจกรรมเพื่อ เสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้มีคุณลักษณะตามที่ต้องการ และให้นักเรียนได้ฝึก ทักษะจนเกิดความชำนาญสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.4 การสร้างชุดฝึก

สุคนธ์ (2553) กล่าวว่า ชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสำคัญในการจัด การเรียนการสอนจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะการเรียนรู้เป็นอย่างดี ซึ่งมีหลักสำคัญเป็นแนวในการจัดทำชุดฝึกทักษะดังนี้

1. จัดเนื้อหาสาระในการฝึกตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้
2. เนื้อหาสาระและกิจกรรมการฝึกเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน
3. การวางรูปแบบของแบบฝึกทักษะมีความสัมพันธ์กับโครงเรื่องและเนื้อหาสาระของเรื่อง
4. ชุดฝึกทักษะต้องมีคำชี้แจงง่าย ๆ สั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนอ่านเข้าใจ เรียนจากง่ายไปยาก มีแบบฝึกทักษะที่น่าสนใจและท้าทายให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถ
5. มีความถูกต้อง ครูผู้สอนจะต้องพิจารณาตรวจสอบให้ดีอย่าให้มีข้อผิดพลาด
6. กำหนดเวลาที่ใช้แบบฝึกทักษะแต่ละตอนให้เหมาะสม

2.4.1 ลักษณะของชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะการเรียนรู้ที่ดี

ในการสร้างชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะการเรียนรู้ที่ดีนั้นผู้สร้างชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะ การเรียนรู้ ควรคำนึงในเรื่องต่อไปนี้

1. ควรมีแบบฝึกทักษะหลาย ๆ แบบในชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะ เพื่อไม่ให้ผู้เรียน เกิดความเบื่อหน่ายและควรมีรูปแบบที่เร้าความสนใจผู้เรียนได้ลองความสามารถของตน
2. ผู้เรียนสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้จากบทเรียนมาตอบในชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะหรือนำมาประยุกต์ใช้ในการตอบในแบบฝึกทักษะ
3. สำนวนภาษาง่าย เหมาะกับวัยและผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง
4. ชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะแต่ละชุดนั้นควรคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล
5. ชุดฝึกทักษะการเรียนรู้ควรฝึกความสามารถของผู้เรียนหลาย ๆ ด้าน
6. ควรฝึกทักษะการเรียนรู้ในด้านความคิดหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.4.2 ขั้นตอนการสร้างชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะ

ในการสร้างชุดฝึกนั้น ผู้สร้างจะต้องดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร หลักการ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร
2. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์ในแต่ละชุดการฝึก

3. จัดทำโครงสร้างชุดฝึกในแต่ละชุด
4. ออกแบบชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะในแต่ละชุดให้มีรูปแบบที่หลากหลายและน่าสนใจ
5. ลงมือสร้างแบบฝึกในแต่ละชุด รวมทั้งออกข้อสอบก่อนและหลังเรียนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้
6. นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ
7. นำชุดการฝึกชุดฝึกทักษะไปทดลองใช้ บันทึกผลแล้วปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
8. ปรับปรุงชุดการฝึกหรือชุดฝึกทักษะให้มีประสิทธิภาพ
9. นำไปใช้จริงและเผยแพร่ต่อไป

ไชยศ (2529) กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอนสาขาช่างอุตสาหกรรม คือ การมีสื่อการเรียนการสอนที่ดี ให้สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาและผู้สอนได้นำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง จะเป็นผลให้คุณภาพการเรียนการสอนดีขึ้น ในการผลิตสื่อเพื่อการเรียนการสอนโดยเฉพาะสื่อในวิชาฝึกปฏิบัติ เช่น ชุดสาธิต หรือชุดฝึก นอกจากจะพิจารณาถึงแบบและวิธีการสอนที่จะต้องใช่แล้ว ยังมีหลักอีก 3 ประการ คือ

1. เทคนิคการผลิต
2. ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิต
3. การออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการสอน จุดมุ่งหมายการสอน และลักษณะที่จะนำไปใช้

วัลลภ (2529) ได้กล่าวเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการที่ดำเนินควบคู่กันไป ดังนี้

1. การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อการวางโครงสร้างลำดับความสัมพันธ์และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการสอน โดยศึกษาจากตำราเอกสารการสัมมนา ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิและศึกษางานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง
2. การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตกต่างของหลักสูตรที่ใช้เรียนของสถานศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันโดยการศึกษาจากเอกสารหลักสูตร การสอบถามครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยในการเลือกและกำหนดหัวข้อชื่อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร
3. การสำรวจโรงงาน เป็นการสำรวจเครื่องมือ และเทคนิคที่ใช้ในการทำงานตามหัวข้อเรื่องของชุดสื่อการสอนโดยสอบถามวิศวกรโรงงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดรายละเอียดของการวิเคราะห์งาน ความสามารถในงาน ความรู้และทักษะที่ต้องการในงาน
4. การสำรวจสถานศึกษา เป็นการเรียนรู้วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมของเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น กล่าวคือ ให้รู้ถึงจุดมุ่งหมายและหน้าที่ (Purpose- and Function) ของชุดฝึกว่าทำอะไรจึงจะสามารถทำงานได้ตามต้องการ และสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดฝึกที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วและตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบสร้างอุปกรณ์การสอนหรือชุดฝึกที่ทำการออกแบบนี้ สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนของครูและอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของนักเรียน ชุดฝึกจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และความสามารถในการทำงานด้านช่างอุตสาหกรรม สื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกหรือชุดสาธิตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนช่างอุตสาหกรรม จำเป็นต้องได้รับการฝึกประสบการณ์จากการเรียนที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี การออกแบบและการสร้างสื่อประเภทชุดฝึกนั้น จำเป็นต้องนำหลักการด้านออกแบบทางด้านวิศวกรรมเชิงปฏิบัติตามลำดับ มาประยุกต์ใช้กับงานที่ออกแบบสร้าง ตามลำดับดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดฝึกไปใช้ในการเรียนการสอน ควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบในการสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมายและใช้ได้จริง จะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียน ข้อมูลทางด้านวิชาการ และกลุ่มผู้เรียน จากนั้นนำไปเขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อ ๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดฝึกที่จะทำการออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2. การกำหนดหน้าที่ของชุดฝึกจากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดฝึกที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำตอบพื้นฐาน (basic term) ซึ่งจะทำให้เราทราบถึงรายการหน้าที่ต่าง ๆ ของชุดฝึกและพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามกำหนด

3. การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดฝึกทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ (material) พลังงาน (energy) และสัญญาณ (signal) สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้น ๆ ภาพร่างต่าง ๆ หรือแบบของวงจร เพื่อให้สามารถทราบถึงส่วนประกอบและอุปกรณ์ให้มากที่สุด ชิ้นส่วนหรือแบบงานที่คิดค้นขึ้นมาควรพิจารณาถึงการนำมาประกอบความยากง่ายในการผลิต อุปกรณ์ที่ใช้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

4. การวิเคราะห์และตัดสินใจ เลือกซื้อชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์จากการเลือกในข้อ 3 นำมาหาผลลัพธ์ที่ดี โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนดเรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

5. การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้วต้องนำภาพร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าว ๆ หรือเป็นภาพงานชิ้นง่าย ๆ จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของส่วนต่าง ๆ ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดตามความจำเป็น

6. การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป งานเขียนแบบนี้มีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดฝึกต้องมีแบบ ทั้งภาพประกอบ และการแยกชิ้นหรือแบบลายวงจรของแผ่นวงจรพิมพ์

7. การเตรียมเอกสารประกอบ อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้าง

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอน จะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัย เพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่าง ๆ อาทิเช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความหนานาน และความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาทำใหม่

ขั้นตอนที่ 5 การปรับปรุงและประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดสื่อการเรียนการสอนให้มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับได้ วิธีสร้างชุดเครื่องมือ ชุดฝึก และใบงาน โดยมีลำดับขั้นการสร้างดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมเอกสารข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นตอนการเตรียมหาบุคลากรที่จะช่วยในการสร้างชุดเครื่องมือ และใบงาน

ซึ่งประกอบด้วย

- 2.1 ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชานั้น
- 2.2 วิทยากร วิศวกร หรือครูผู้สอน และนักเทคโนโลยีทางการศึกษา

3. ขั้นตอนดำเนินการ

- 3.1 เลือกเนื้อหาวิชา
- 3.2 กำหนดเวลา
- 3.3 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 3.4 จัดลำดับเนื้อหา
- 3.5 วางแผนวิธีการสอน จะสอนแบบใด ใช้สื่ออะไรบ้าง กิจกรรมอะไร

ประเมินผลอย่างไร

- 3.6 ลงมือผลิตสื่อโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.6.1 การสร้างชุดฝึกซึ่งเป็นตัวเครื่องที่จะนำไปฝึกหรือสาธิตให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมของส่วนการฝึกอบรมได้ฝึกในชั่วโมงฝึกปฏิบัติของวิชาช่างทุกสาขาวิชา โดยทั่วไปแล้ว เครื่องมือหรือชุดฝึก 1 ชุด จะใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 2 คนเท่านั้น การสร้างโดยทั่วไปใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อง่าย และต้องมีราคาถูกคุณภาพดี

3.6.2 การสร้างใบงานจะต้องมีรายละเอียดมีทั้งทฤษฎีบรรยายประกอบรูปวงจร คำตอบ สรุป และแบบฝึกหัดท้ายการฝึกซึ่งส่วนการฝึกอบรมได้กำหนดให้เป็นรูปแบบเดียวกัน

- 3.7 นำชุดเครื่องมือฝึก และใบงานไปทดลองใช้
- 3.8 นำกลับมาแก้ไข (ถ้ามี)
- 3.9 ปรับปรุง
- 3.10 ผลิตชุดฝึกที่สมบูรณ์ให้เพียงพอกับการใช้งานต่อไป

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ในการออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคู่ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดเนื้อหาและขอบเขตของเนื้อหา
3. กำหนดผู้ฝึก เป้าหมายและเกณฑ์การตัดสิน

4. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ชุดฝึก
5. ร่างแบบ ออกแบบและเขียนแบบ
6. สร้างชุดฝึกระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์
7. จัดทำเอกสารประกอบชุดฝึกและคู่มือการใช้งาน
8. ทดลองใช้ชุดฝึก
9. ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง

2.5 การประเมินคุณภาพสื่อชุดฝึก

พิสิฐและพีระพล (2529) กล่าวว่า การประเมินสื่อว่ามีคุณภาพหรือไม่ สามารถนำมาใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ นั้น องค์ประกอบที่สำคัญ คือ ผู้ประเมินและเครื่องมือที่ใช้ประเมิน ผู้ประเมินจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถ มีประสบการณ์ในด้านการประเมินเป็นอย่างดี เพื่อให้รู้ว่าสิ่งที่ผลิตขึ้นมานั้นได้ตามผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยหัวข้อในการประเมินมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)
 - 1.1 ด้านวัตถุประสงค์
 - 1.1.1 สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์
 - 1.1.2 สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์
 - 1.2 ด้านเนื้อหา
 - 1.2.1 เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด
 - 1.2.2 เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้
 - 1.2.3 เนื้อหาวิชาเรียงลำดับความยากง่าย
 - 1.3 ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการสื่อความหมายบรรลุเป้าหมาย ตามวัตถุประสงค์
 - 1.3.1 บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
 - 1.3.2 สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดีและสั้นลง
 - 1.3.3 สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอยให้มีความหมายมากขึ้น
 - 1.3.4 ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น
 - 1.3.5 ดึงดูดความสนใจได้ดีขึ้น
2. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน
 - 2.1 ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
 - 2.2 ด้านผู้สอน
 - 2.2.1 สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน
 - 2.2.2 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน
3. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับความพร้อมและการนำไปใช้
 - 3.1 ด้านวัสดุและอุปกรณ์
 - 3.1.1 ใช้วัสดุราคาที่เหมาะสม
 - 3.1.2 ใช้วัสดุในท้องถิ่น
 - 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้หาได้ทั่วไป

3.2 ด้านเวลา

3.2.1 เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก

3.2.2 เวลาที่ใช้แสดงสื่อไม่มากเกินไป

3.3 ด้านการใช้งาน

3.3.1 สามารถนำไปใช้ได้สะดวก

3.3.2 ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน

3.3.3 ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ ช่วยขณะสอน

วัลลภ (2529) ได้กล่าวเกี่ยวกับการประเมินชุดฝึกไว้ว่า การประเมินชุดฝึกปฏิบัติเป็นการนำเอาหลักวิชาการหลาย ๆ ด้านมาใช้ เพื่อให้ทราบถึงข้อดี - ข้อเสีย ของชุดฝึกปฏิบัติ ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้รับจากการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องและเหมาะสม

การออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติให้มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ มีคุณลักษณะเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทราบถึงคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ได้ โดยการประเมิน ซึ่งอาจจะกระทำควบคู่ในระหว่างกระบวนการออกแบบหรือเมื่อสิ้นสุดการออกแบบสำเร็จ เป็นงานต้นแบบก่อนการดำเนินการผลิตออกมา วัตถุประสงค์ในการประเมินเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสียในด้านต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการประเมิน ไปปรับปรุงพัฒนาเพื่อวางแผนในการพัฒนาให้เกิดความสมบูรณ์ ประเด็นที่ควรประเมินมีดังต่อไปนี้

1. ขนาดเครื่อง ไม่เล็ก ไม่ใหญ่ มีขนาดเหมาะสม สอดคล้องกับมาตรฐาน สะดวกต่อการเก็บรักษา
2. น้ำหนัก มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้ายสะดวก
3. ชิ้นส่วนประกอบ ทำหน้าที่ได้แม่นยำ นอกจากหน้าที่หลักสามารถทำหน้าที่รองมีรูปร่างง่ายต่อการผลิต เป็นมาตรฐานหาอะไหล่ได้ง่ายมีจำนวนชิ้นไม่มาก การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนมีความมั่นคง รูปร่างแข็งแรงคงทน มีอายุการใช้งานเหมาะสม มีความเรียบร้อยสวยงาม
4. ชนิดของวัสดุ มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทของการใช้งาน เป็นวัสดุหาง่าย คุณสมบัติวัสดุมีความแข็งแรงคงทน ราคาไม่แพง ทนต่อสภาพแวดล้อม ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
5. การดูแลรักษา ง่ายต่อการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง มีแบบการจัดเก็บที่ง่ายและสะดวก รวดเร็ว ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาไม่มากนัก
6. กระบวนการผลิต ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่าย ๆ มีแบบแบบงานที่ดี แบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ) ผลิตออกมามีความเรียบร้อยสวยงามนำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ชิ้นงานมีขนาด คุณภาพ สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตต่อไปได้
7. มาตรฐาน สอดคล้องกับมาตรฐานในหน่วยงาน มีความเป็นสากล
8. ความปลอดภัย มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการประเมินสื่อและชุดฝึกผู้วิจัยได้กำหนดรายการประเมินไว้ดังรายละเอียดดังนี้

1. ด้านการออกแบบสร้างชุดฝึก

- 1.1 การออกแบบชุดฝึกสามารถทำให้เกิดแรงจูงใจในการใช้ฝึก
- 1.2 วัสดุ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม
- 1.3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ในชุดฝึกทำได้เหมาะสม

- 1.4 สามารถนำไปใช้ฝึกทักษะได้ครอบคลุมเนื้อหารายวิชา
 - 1.5 แสดงผลการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของงานในใบงาน
 - 1.6 ชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน สวยงาม และประณีต
 - 1.7 มีความปลอดภัยในขณะทำการปฏิบัติงานกับชุดฝึก
 - 1.8 ขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม เคลื่อนย้ายได้สะดวก
 - 1.9 ความมีประโยชน์และคุณค่าทางวิชาการของชุดฝึก
 - 1.10 การดูแลรักษา และซ่อมบำรุงสามารถทำได้ง่าย
 - 1.11 ออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย สะดวกต่อการปฏิบัติงาน
2. ด้านเอกสารประกอบชุดฝึก
- 2.1 เนื้อหาครอบคลุมจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชา
 - 2.2 เนื้อหาเอกสารประกอบชุดฝึกมีความถูกต้องชัดเจน
 - 2.3 ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ ทักษะที่ต้องการวัด
 - 2.4 รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสมและชัดเจน
 - 2.5 ลำดับขั้นการปฏิบัติงานมีความถูกต้องเหมาะสม
 - 2.6 คำอธิบายแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติชัดเจน
 - 2.7 ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน ประเมินและสรุปผลได้รวดเร็ว
- 2.8 เอกสารสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่าย

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดฝึก

2.6.1 การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของชุดฝึก

ชัยยงค์ (2528) อธิบายถึงเกณฑ์และการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนไว้ดังนี้

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงว่าชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอน และคุ้มค่ากับการลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ ทำโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งประเมินออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง เป็นการกำหนดค่าของประสิทธิภาพ E_1 ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายจะกำหนดค่าเป็น E_2 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องเป็นการประเมินผลพฤติกรรมย่อยหลายพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า กระบวนการ (Process) ของผู้เรียนโดยสังเกตจากรายงานกลุ่ม การรายงานบุคคลหรือจากการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย ตลอดจนทำกิจกรรมอื่น ๆ ที่ครูผู้สอนได้กำหนดไว้ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายเป็นการประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากผลการสอบหลังเรียนและสอบปลายปีและปลายภาค ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ครูผู้สอนคาดว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยคะแนนการทำงานและการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ผลการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดสรุปแล้วหมายถึง E_1 และ E_2 คือประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน โดยใช้เกณฑ์ E_1/E_2 เป็นวิธีการที่สามารถชี้วัด ประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนได้ทั้งในภาพรวมในลักษณะกว้าง และวัดส่วนย่อยเป็นราย จุดประสงค์ ทำให้ได้ผลการวัดที่ชัดเจน นำข้อมูลที่ได้มาเป็นเครื่องตัดสินใจได้โดยไม่ต้องใช้วิธีการอื่น มาประกอบให้เกิดการซ้ำซ้อน อีกเกณฑ์ที่ใช้คือ E_1/E_2 อาจเท่ากับ 80/80 หรือ 90/90 หรืออื่น ๆ อีก ก็ได้ แต่ถ้ากำหนดเกณฑ์ไว้ต่ำเกินไป อาจทำให้ผู้ใช้บทเรียนไม่เชื่อถือคุณภาพของบทเรียน การหาค่า E_1 และ E_2 มีวิธีการคำนวณหาค่าร้อยละ

จากเกณฑ์การพิจารณาประสิทธิภาพของชุดฝึกดังกล่าว สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้าง ชุดฝึกกระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถจักรยานยนต์ โดยตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ที่ 80/80

2.6.2 เกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพของชุดฝึก

เลิศ และคณะ (2537) การยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอน หลังจากที่ได้ทดลองภาคสนาม แล้วนำค่าประสิทธิภาพมาเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพื่อดูว่าสมควรที่จะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ ในการยอมรับประสิทธิภาพให้ถือค่าความแปรปรวนที่ 2.5%-5% ซึ่งหมายถึงชุดการสอนนั้นไม่ควร ต่ำกว่าเกณฑ์ 5% ตามปกติจะกำหนดไว้ 2.5% เช่น ถ้าเกณฑ์ประสิทธิภาพตั้งไว้ 80/80 แต่เมื่อ ทดลองภาคสนามแล้ว ชุดการสอนมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์ได้ 77.5/77.5 เรายอมรับได้ว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ พอสรุปได้ว่า การยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอนมี 3 ระดับ

1. สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
2. เท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ประมาณ 2.5%-5%

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.7.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วนและอังคณา (2543) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็น แบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วย กระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง

สาคร (2541) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจาก การเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรม หรือจากการสอบ การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคล ว่าเรียนรู้แล้ว

สมบุญ (2525) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การนำเอาแบบทดสอบไป วัดผลหลังจากที่สอนจบไปแล้วบทหนึ่ง ภาคเรียนหนึ่ง ๆ หรือปีหนึ่ง ๆ เพื่อที่จะได้ทราบว่าผู้เรียนมี ความรู้ความสามารถและทักษะมากน้อยเพียงใด หรือเป็นการทดสอบเพื่อต้องการทราบความสัมฤทธิ์ หรือผลสำเร็จของการเรียนที่เรียนมาแล้ว

วาสนา (2525) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง การวัดการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบในด้านเนื้อหาวิชาและในด้านของการ ปฏิบัติตามจุดประสงค์ของวิชาและเนื้อหาที่สอน

เกตูแก้ว (2534) ได้ให้ความหมายไว้ว่า คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรมหรือจากการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไรมีความสามารถชนิดใด สามารถวัดได้ 2 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาการสอน คือ

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถของการปฏิบัติงานหรือลักษณะของนักเรียน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถดังกล่าว ในรูปของการกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาซึ่งเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนรวมทั้งพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

จากความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีผู้กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านความรู้และทักษะของผู้เรียนหลังจากที่ได้ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้หรือการฝึกมาแล้วในแต่ละบทเรียน หรือแต่ละวิชาโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือตรวจสอบความสามารถหรือพฤติกรรมทางด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติ

2.7.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภัทรา (2540) กล่าวถึง ประเภทของแบบทดสอบด้านพุทธิพิสัยว่า โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบอัตนัย หมายถึง แบบทดสอบที่ถามให้ตอบยาว ๆ แสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวางและประเภทที่ 2 คือแบบทดสอบปรนัย หมายถึงแบบทดสอบประเภทถูก – ผิด, จับคู่, เติมคำและเลือกตอบ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของแบบทดสอบ ได้แก่

1. จำแนกตามกระบวนการในการสร้าง จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นเฉพาะคราวเพื่อใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์และความสามารถทางวิชาการของเด็ก

1.2 แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการหรือวิธีการที่ซับซ้อนมากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น เมื่อสร้างขึ้นแล้วมีการนำไปทำการทดลองสอบ และนำผลมาวิเคราะห์ ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพดี มีความเป็นมาตรฐาน

2. จำแนกตามจุดมุ่งหมายในการใช้ประโยชน์ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดปริมาณความรู้ความสามารถ ทักษะเกี่ยวกับด้านวิชาการที่ได้เรียนรู้ว่ามีมากน้อยเพียงใด

2.2 แบบทดสอบความถนัด เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับวัดความสามารถที่เกิดจากการสะสมประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มาในอดีต

3. จำแนกตามรูปแบบคำถามและวิธีการตอบ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.1 แบบทดสอบอัตนัย มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ผู้สอบได้ตอบยาวๆ แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

3.2 แบบทดสอบปรนัย เป็นแบบสอบถามที่ถามให้ผู้สอบตอบสั้น ๆ ในขอบเขตจำกัดคำถามแต่ละข้อ วัดความสามารถเพียงเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียว ผู้สอบไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย

4. จำแนกตามลักษณะการตอบ จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

4.1 แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เช่น ข้อสอบวิชาพลศึกษาให้แสดงท่าทางประกอบเพลงวิชาประดิษฐ์ให้ประดิษฐ์ของใช้ด้วยเศษวัสดุ การให้คะแนนจากการทดสอบประเภทนี้ครูต้องพิจารณาทั้งด้านคุณภาพผลงาน ความถูกต้องของวิธีปฏิบัติรวมทั้งความคล่องแคล่วและปริมาณของผลงานด้วย

4.2 แบบทดสอบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้การเขียนตอบทุกชนิด

4.3 แบบทดสอบด้วยวาจา เป็นแบบทดสอบที่ผู้สอบใช้การโต้ตอบด้วยวาจา

5. จำแนกตามเวลาที่กำหนดให้ตอบ จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

5.1 แบบทดสอบวัดความเร็ว เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดทักษะของความคล่องแคล่วในการคิด ความแม่นยำในความรู้เป็นสำคัญมักมีลักษณะค่อนข้างง่ายแต่ให้เวลาในการทำข้อสอบน้อย ผู้สอบต้องแข่งขันกันตอบ ใครที่ทำเสร็จก่อนและถูกต้องมากที่สุดถือว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่า

5.2 แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพสูงสุด แบบทดสอบลักษณะนี้ค่อนข้างยากและให้เวลาทำมาก

6. จำแนกตามลักษณะและโอกาสในการใช้ จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

6.1 แบบทดสอบย่อย เป็นแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อคำถามไม่มากนักมักใช้สำหรับประเมินผลเมื่อเสร็จสิ้นการเรียนการสอนในแต่ละหน่วยย่อย โดยมีจุดประสงค์หลัก คือ เพื่อปรับปรุงการเรียนเป็นสำคัญ

6.2 แบบทดสอบรวม เป็นแบบทดสอบที่ถามเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจรวมหลาย ๆ เรื่อง หลายๆ เนื้อหา หลายๆ จุดประสงค์ มีจำนวนมากข้อ มักใช้ตอนสอบปลายภาคหรือปลายปีการศึกษาจุดมุ่งหมายสำคัญ คือ ใช้เปรียบเทียบแข่งขันระหว่างผู้สอบด้วยกัน

7. จำแนกตามเกณฑ์ การนำผลจากการสอบวัดไปประเมิน จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

7.1 แบบทดสอบอิงเกณฑ์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดระดับความรู้พื้นฐานและความรู้ที่จำเป็นในการบ่งบอกถึงความรู้ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์

7.2 แบบทดสอบอิงกลุ่ม เป็นแบบทดสอบที่มุ่งนำผลของการสอบไปเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นในกลุ่มที่ใช้ข้อสอบเดียวกันว่าใครมีความสามารถเหนือใครเพียงใด เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการสอบที่มีการแข่งขันกันมากกว่าเพื่อการเรียนการสอน

8. จำแนกตามสิ่งเร้า จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

8.1 แบบทดสอบทางภาษา ได้แก่ การใช้คำพูดหรือตัวหนังสือไปรื้อผู้สอบตอบโดยการพูดหรือเขียนออกมา

8.2 แบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา ได้แก่ การใช้รูปภาพ กิริยาท่าทาง หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ไปรื้อให้ผู้สอบตอบสนอง จากข้อความข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบที่ใช้ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีจุดมุ่งหมายและขีดความสามารถในการทดสอบที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการนำแบบทดสอบไปใช้ต้องระมัดระวังว่า เลือกใช้แบบทดสอบได้ถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่เราต้องการหรือไม่การจำแนกประเภทของแบบทดสอบ จึงช่วยให้สามารถเข้าใจและเลือกใช้แบบทดสอบได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

การจำแนกแบบทดสอบสามารถทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับผู้จำแนกว่าจะยึดถืออะไรเป็นเกณฑ์ในการจำแนก

ล้วนและอังคณา (2543) แบ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นซึ่งเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บกพร่องส่วนใด จะได้ซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดความพร้อมที่จะเรียนบทเรียนใหม่ ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอ จึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้นสามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผล เพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอกถึงวิธีการสอบ และมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย ทั้งแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐานมีวิธีการสร้างข้อคำถามเหมือนกัน เป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่สอนไปและจะเป็นลักษณะพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามวัดได้ ซึ่งควรวัดให้ครอบคลุมพฤติกรรมต่าง ๆ ดังนี้

2.1 วัดความรู้ความจำ

2.2 วัดความเข้าใจ

2.3 วัดการนำไปใช้

2.4 วัดการวิเคราะห์

2.5 วัดการสังเคราะห์

2.6 วัดการประเมินค่า

ประกิจ (2525) แบ่งประเภทของแบบทดสอบไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษาเพื่อวัดความก้าวหน้าของนักเรียนภายหลังจากได้มีการเรียนการสอนไประยะหนึ่งแล้ว โดยปกติแบบทดสอบประเภทนี้จะใช้เฉพาะภายในกลุ่มนักเรียนที่ครูผู้ออกข้อสอบเป็นผู้สอนเอง จะไม่นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น ทั้งนี้โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบนักเรียนว่ามีความรู้ความสามารถตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และจะนำผลการสอบนี้ไปใช้ปรับปรุง ซ่อมเสริมในการเรียนการสอน และนำไปใช้ตัดสินผลการเรียนของนักเรียนด้วย ครูอาจใช้ในการสอบปลายภาคหรือปลายปี หรือเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละบทนั่นเอง ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน แบ่งออกได้ 2 ชนิด ดังนี้คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหา แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้นๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิด ได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบคือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน คือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนน

สุราษฏร์ (2552) หลังจากการเรียนการสอนแล้วในแต่ละบทเรียนหรือทั้งหมดทั้งวิชาจะต้องมีการวัดผลและประเมินผลผู้เรียนแต่ละคน ว่าบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ สิ่งสำคัญที่ต้องทำการวัดผลและประเมินผล แบ่งได้ 2 ส่วน คือ (1) การวัดและประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียน และ (2) การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในการวัดมีจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน ดังนั้นแบบทดสอบทางการเรียนสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบวัดความก้าวหน้า(Progressive Test)มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดผลและประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียนว่าผู้เรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ครบถ้วนสมบูรณ์แค่ไหนเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดกิจกรรมการเรียนซ่อมเสริมอีกครั้ง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) แบบทดสอบแบบนี้มีจุดมุ่งหมายต้องการทราบว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถตามวัตถุประสงค์การสอนที่สำคัญของรายวิชา มากน้อยแค่ไหน เพื่อนำข้อมูลไปจัดแบ่งระดับผู้เรียนพิจารณาว่าใครผ่านหรือไม่ผ่านรายวิชานั้น ๆ

จากประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีผู้กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่สร้างขึ้นโดยครูหรือผู้เชี่ยวชาญ เฉพาะสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องและผ่านกระบวนการในการหาคุณภาพ มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบนักเรียนว่ามีความรู้ความสามารถตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

2.7.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างยิ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชานั้น ๆ มากน้อยเพียงใด พอที่จะศึกษาต่อไปหรือไม่ หรือว่าจะเรียนซ้ำในวิชานั้นอีก การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนในการจัดสร้างดังต่อไปนี้

พิชิต (2545) ได้ให้แนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง
4. เขียนข้อสอบ
5. ตรวจสอบข้อสอบ
6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ
8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

สุมาลี (2542) ได้เสนอวิธีการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. ข้อสอบ ควรใช้ประเมินจุดประสงค์ที่สำคัญของการสอนที่สามารถสอบวัดได้ โดยใช้แบบทดสอบที่เป็นข้อเขียน

2. ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นทั้งจุดประสงค์ที่เป็นเนื้อหาวิชา และเป็นกระบวนการสำคัญที่เน้นในหลักสูตร

3. ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นทั้งจุดประสงค์ในการวัด เช่น การวัดประเมินความแตกต่างระหว่างบุคคลหรือวัดเพื่อแยกแยะผู้ที่ได้เรียนรู้

4. ข้อสอบควรมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนมีความยาวที่พอดี อุทุมพร (2540) กล่าวถึงการสร้างข้อสอบที่เป็นระบบนั้น มีขั้นตอนดังนี้

1. การระบุจุดมุ่งหมายในการทดสอบ
2. การระบุเนื้อหาให้ชัดเจน
3. การทำตารางเนื้อหาจับจุดมุ่งหมายในการทดสอบ
4. การทำน้ำหนักร
5. การกำหนดเวลาสอบ
6. การกำหนดจำนวนข้อหรือคะแนน
7. การเขียนข้อสอบ
8. การตรวจสอบข้อสอบที่เขียนขึ้น
9. การทดลองใช้แก้ไขปรับปรุง

สุราษฎร์ (2552) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในวิชาต่าง ๆ โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดสร้างแบบทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนทั้งหมดของวิชา วิเคราะห์เพื่อตรวจว่าวัตถุประสงค์การสอนในแต่ละข้อนั้น ต้องการเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมสูงถึงระดับใดและมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนเพียงใด การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนควรพิจารณาถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- (1) ระดับความสามารถทางสติปัญญาที่ระบุไว้ตามวัตถุประสงค์การสอน
- (2) ระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน
- (3) คะแนนหรือน้ำหนักแทนความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน

การวัดผลสัมฤทธิ์ มีข้อจำกัดเรื่องเวลาจึงจำเป็นต้องตัดบางวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญน้อยออกไป สร้างเฉพาะข้อสอบวัดที่สำคัญและจำเป็น โดยเขียนวัตถุประสงค์ทั้งหมดของวิชานั้น ๆ ลงในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet) ตรวจสอบดูว่าวัตถุประสงค์แต่ละข้อเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้สูงถึงระดับใด ใช้สัญลักษณ์แทนความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนตามที่ระบุไว้ในแต่ละวัตถุประสงค์ให้สัญลักษณ์ R A T แทนวัตถุประสงค์ในระดับพื้นคืนความรู้ ระดับนำความรู้ไปใช้งาน ระดับส่งถ่ายความรู้ ตามลำดับ และระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอนแต่ละหัวข้อ ให้ใช้สัญลักษณ์แทนความสำคัญเป็น X I O และน้ำหนักตามลำดับของความสำคัญเป็น 3 2 1 แต้ม สำหรับวัตถุประสงค์การสอนที่มีความสำคัญมากมีความสำคัญรองลงมา และมีความสำคัญน้อย ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน

| หัวข้อเรื่อง | วัตถุประสงค์การเรียนรู้ | ISL | XIO | 321 | เต็ม |
|--------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| 1. | 1 | R | X | 1 | 13 |
| | 2 (เขียนข้อความของวัตถุประสงค์การสอน) | R | X | 3 | |
| | 3 | A | X | 3 | |
| | 4 | A | X | 3 | |
| | 5 | T | X | 3 | |
| 2. | 1 | R | I | 2 | 10 |
| | 2 | A | I | 2 | |
| | 3 | A | X | 3 | |
| | 4 | A | X | 3 | |
| 3. | 1 | R | O | 1 | 10 |
| | 2 | R | O | 1 | |
| | 3 | A | I | 2 | |
| | 4 | T | X | 3 | |
| | 5 | A | X | 3 | |
| 4. | 1 | R | I | 2 | 15 |
| | 2 | R | I | 2 | |
| | 3 | A | X | 3 | |
| | 4 | A | X | 3 | |
| | 5 | T | X | 3 | |
| | 6 | A | I | 2 | |
| รวม | | | | 48 | 48 |

2. สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เป็นแผนผังสำหรับครูใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกข้อสอบวัดผลตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของแต่ละหัวข้อเรื่อง ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ ดังนี้

(1) เนื้อหา ได้แก่หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์การสอนต่าง ๆ ที่ระบุเอาไว้แต่ละหัวข้อ
 (2) รายการความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill) ระดับต่าง ๆ ซึ่งกำหนดจากวัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อที่ต้องการ

(3) จำนวนของข้อสอบ ซึ่งวัดพฤติกรรมตามระดับและจำนวนวัตถุประสงค์การสอน ส่วนจำนวนข้อสอบที่จะวัดนั้น มีความสัมพันธ์อยู่กับเวลาที่กำหนดไว้ สำหรับการสอบวิชานั้น ๆ เวลาที่ใช้สอบมาก จำนวนข้อสอบที่จะวัดก็มีจำนวนมากด้วย ในขั้นต้นการคำนวณจำนวนข้อของ

ข้อสอบ โดยคิดว่าแต่ละหน้าที่ให้ออกข้อสอบเป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 1 ข้อ ส่วนจะปรับปรุงข้อมูลในตารางเพื่อออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัยร่วมด้วยนั้นก็ทำได้หลังจากพิจารณาแล้วเห็นว่า วัตถุประสงค์การสอนข้อนั้นควรที่จะออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัย เมื่อได้จำนวนข้อสอบแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนข้อสอบโดยเทียบจำนวนข้อสอบกับคะแนนเต็มสำคัญ จะได้อัตราส่วนของคะแนนเต็มสำคัญต่อข้อสอบ 1 ข้อ จากนั้นพิจารณาวัตถุประสงค์การสอนในแต่ละหัวข้อเรื่องจากการเทียบอัตราส่วนคะแนนเต็มสำคัญกับข้อสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2-2

3. เลือกประเภทของข้อสอบที่เหมาะสมกับข้อสอบ เพื่อวัดความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ข้อสอบแบบอัตนัยและข้อสอบปรนัย โดยข้อสอบทั้งสองประเภทนี้ มีความเหมาะสมในการใช้วัดผลที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

(1) ข้อสอบแบบปรนัย เป็นข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญา ระดับพื้นฐานความรู้ (Recalled) และการประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge) ได้ดี อาจใช้ข้อสอบถูก-ผิด จับคู่หรือเลือกตอบวัดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวิชาที่วัด

(2) ข้อสอบแบบอัตนัย ใช้ความสามารถทางสติปัญญาทุกระดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับการส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge) การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยทำได้ค่อนข้างง่าย ตัดปัญหาการเดาของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 2-2 ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint)

| Content | Level of Intellectual Skill | | | แต้ม | ข้อสอบ | Note |
|---|-----------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|------------|
| | Recall (R) | Apply (A) | Transfer (T) | | | |
| Topic 1 1. 2. 3. 4. 5. | O X(1) | X(1) X(1) | X(1) | 13 | 4 | ตัด |
| Topic 2 1. 2. 3. 4. | I(1) | I X(1) X(1) | | 10 | 3 | ตัด |
| Topic 3 1. 2. 3. 4. 5. | O O | I(1) X(1) | X(1) | 10 | 3 | ตัด ตัด |
| Topic 4 1. 2. 3. 4. 5. 6. | I(1) I(1) | X(1) X(1) I | X(1) | 15 6 16 | 5 5 13 | ตัด |
| แต้มรวม | 12 | 27 | 9 | 48 | | |
| ข้อสอบ | 4 | 8 | 3 | | 15 | |

ข้อสอบ 15 ข้อ มีแต้มความสำคัญเท่ากับ 48 แต้ม

ข้อสอบ 1 ข้อ มีแต้มความสำคัญเท่ากับ 3.2 แต้ม

สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อออกข้อสอบ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อหาความสำคัญและนำมาลงในตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. สร้างตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนกับตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ
2. เขียนรายการสอนอันประกอบด้วย หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์การสอนของหัวข้อเรื่องต่างๆ ลงในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนให้ครบสมบูรณ์

3. การวิเคราะห์ระดับความสามารถทางสติปัญญาของวัตถุประสงค์การสอนของหัวข้อเรื่องต่าง ๆ ว่าวัตถุประสงค์ข้อนั้นเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถทางสติปัญญาถึงระดับใดสูงสุด

4. ประเมินระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอนของหัวข้อต่าง ๆ เป็น X | O โดยพิจารณาตีความจากรายการวัตถุประสงค์การสอนแล้วให้ค่าความสำคัญ จากนั้นจึงให้ค่าตีความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์เป็นคะแนน โดยให้ X=3 , I=2 , O=1 คะแนน

5. คิดแต้มรวมของวัตถุประสงค์การสอนแต่ละ Topic และแต้มรวมทั้งหมดของวิชานั้นๆ

6. นำค่าต่าง ๆ จากข้อ 1-5 มาบรรจุลงในตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ ซึ่งได้แก่ หัวข้อและรายการวัตถุประสงค์การสอน ค่าความสำคัญ X | O ของวัตถุประสงค์การสอนและจำนวนแต้มต่าง ๆ ที่วิเคราะห์เอาไว้แล้ว สำหรับช่องระดับของวัตถุประสงค์ต่าง ๆ นั้น ให้ใส่ค่า X | O เอาไว้

7. หากจำนวนข้อสอบที่จะใช้วัดผลผู้เรียนในแต่ละหัวข้อเรื่อง เช่น มีเวลาวัดผล 15 นาที ถ้าออกข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบ ก็จะออกข้อสอบทั้งหมดได้ประมาณ 15 ข้อ (คิดข้อละ 1 นาที) แต่เนื่องจากแต้มความสำคัญของทั้งหมด 48 แต้ม ในหัวข้อเรื่องที่ 1 มีความสำคัญเท่ากับ 13 แต้ม จึงออกข้อสอบวัดผลจำนวน $(13 \times 15) / 48 = 4$ ข้อ

8. หากจำนวนข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาในแต่ละระดับ เช่น ในตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบระดับพื้นฐานความรู้ มีความสำคัญเท่ากับ 12 แต้ม ดังนั้นจึงออกข้อสอบวัดผลจำนวน $(12 \times 15) / 48 = 4$ ข้อ เป็นต้น

9. คำนวณหาจำนวนแต้มต่อข้อ โดยนำเอาแต้มของทั้งวิชาเป็นตัวตั้งแล้วหารด้วยจำนวนข้อสอบทั้งหมดที่จะออกวัดผลในวิชานั้น เช่น ที่ผ่านมามีแต้มทั้งหมด 48 แต้ม จำนวนข้อสอบทั้งหมด 15 ข้อ ดังนั้น ข้อสอบ 1 ข้อ จะวัดครอบคลุม $48 / 15 = 3.2$ แต้ม

10. ระบุจุดที่จะออกข้อสอบวัดผลในวัตถุประสงค์ของหัวข้อเรื่องต่าง ๆ โดยพิจารณาออกข้อสอบที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญ X ก่อน

11. ตรวจสอบปรับและเช็คจำนวนข้อสอบที่ออก ให้มีจำนวนข้อของแต่ละหัวข้อเรื่องและแต่ละระดับการวัดให้เท่ากับจำนวนตัวเลข ซึ่งได้กำหนดเอาไว้แล้ว

ประสงค์ (2544) กล่าวว่าหลักการสร้างข้อสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นนั้น สำหรับบทเรียนหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยพฤติกรรมที่จะให้นักเรียนแสดงออกหลาย ๆ รูปแบบ เช่น ทางด้านปัญญา ทางด้านทักษะปฏิบัติและทางด้านจิตใจ ซึ่งในแต่ละพิสัยยังแบ่งออกได้หลายระดับต่าง ๆ กัน ดังนั้นครูจะต้องทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปพฤติกรรมที่ต้องการทั้งหมด แล้วเลือกพฤติกรรมที่เหมาะสมนำไปออกข้อสอบต่อไป

2. กำหนดรูปแบบของข้อสอบว่าจะออกข้อสอบแบบใด เช่น แบบให้อธิบาย เต็มคำตอบแบบเลือกตอบ แบบกาถูก-ผิด เป็นต้น

3. เตรียมงานและเขียนข้อสอบฉบับร่าง โดยเขียนฉบับร่างให้มากกว่าที่ต้องการจริง จากนั้นคัดเลือกข้อที่คิดว่าถูกต้องและเหมาะสมไปใช้จริงแล้วจะต้องวิเคราะห์ผลอีกครั้งหนึ่งหลังจกสอบเสร็จแล้ว

4. วิเคราะห์ข้อสอบก่อนนำไปใช้จริง เมื่อสร้างข้อสอบเสร็จเรียบร้อยแล้วควรมีการทบทวน

ตรวจทาน ในด้านความยากง่ายของข้อคำถามเบื้องต้น ตรวจสอบความถูกต้องของภาษาที่ใช้ คำสั่ง เฉลย ครูควรแก้ไขปรับปรุงข้อสอบก่อนนำไปใช้

2.7.4 หลักการสร้างแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ

สุรสาธุร์ (2552) ได้แบ่งหลักการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย แบบเลือกตอบออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการสร้างดังนี้

1. การสร้างปัญหาหรือคำถาม

(1) เขียนคำถามให้สมบูรณ์โดยการใช้คำที่แสดงลักษณะการถามมาประกอบ เช่น คำว่าอะไร เพราะเหตุใด และเมื่อไร เป็นต้น

(2) หากเขียนแบบทดสอบเป็นแบบเอาตัวเลือกมาต่อตัวนำแล้ว จะต้องอ่านแล้ว เข้าใจง่าย ได้ความหมายสมบูรณ์

(3) ถามให้ตรงจุดที่จะถามให้เด่นชัด คือ อ่านคำถามแล้วต้องตีความนั้นได้ว่า ผู้สอนมุ่งถามเรื่องอะไร ไม่ต้องอ่านกลับไปกลับมา

(4) อย่าใช้คำถามปฏิเสธเพราะคำถามดังกล่าวตีความได้ยาก

(5) หลีกเลี่ยงการใช้คำที่อาจแนะนำคำตอบ เช่น คำหรือข้อความที่เป็นคำตอบ รวมอยู่ในคำถามแล้ว ซึ่งจะทำให้ผู้สอบหาคำตอบได้ง่ายหรืออาจตอบถูกโดยไม่ได้ใช้ความรู้ความคิด จากการเรียนวิชานั้น ๆ เลย

(6) ควรสร้างคำถามให้สั้น กระชับรัด เอาจริงใจความที่สำคัญ

2. การสร้างตัวเลือก

(1) เขียนตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกัน หมายความว่า ตัวเลือกทั้งหลายที่สร้างขึ้น จะต้องมิชอบข่ายอยู่ในประเภทหรือกลุ่มเดียวกัน หรือมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกัน

(2) ตัวเลือกควรสั้น ชัดเจน ประหยัดคำ อ่านได้ใจความสมบูรณ์

(3) ตัวเลือกทุกตัวจะต้องให้เป็นอิสระแก่กัน ถูกหรือผิดแยกกันเด็ดขาดโดยไม่คลุมเครือ และจะต้องไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดมากเกินไป

(4) ตัวเลือกทุกตัวต้องให้ใช้ประโยชน์ได้ คือ มีคุณค่าในการจูงใจให้ผู้สอบได้เลือกตอบ

(5) ควรให้ตัวเลือกทุกตัวยาวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะตัวเลือกที่ยาวหรือสั้นที่สุดกลับเป็นคำตอบไปด้วย จึงกลายเป็นการแนะนำคำตอบ

(6) ตัวเลือกจะต้องถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ ไม่ใช่ถูกหรือผิดตามสมัยนิยมหรือเป็นความถูกต้องตามความคิดของกลุ่มบุคคล

(7) อย่าให้คำถามหรือตัวเลือกข้อต้นๆ ไปมีอิทธิพลกับคำตอบข้อต่อไป เพราะทำให้ข้อสอบเหล่านี้นขาดคุณค่าและไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้

(8) ให้ที่อยู่ของตัวเลือกเป็นตัวเลือกอยู่ในลักษณะกลุ่ม คือ ให้กระจายคำตอบจากข้อ ก. ถึง ง. หรือ จ. อย่าให้คำตอบอยู่ในข้อที่ซ้ำๆ กัน เพราะจะทำให้ผู้สอบเดาคำตอบได้

ประสงค์ (2544) ได้ให้หลักเกณฑ์การสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ ไว้ดังนี้

1. ในตัวคำถามควรมีใจความที่สำคัญบรรจุอยู่ เพื่อให้นักเรียนได้เกิดแนวคิด ก่อนที่จะอ่านถึงตัวเลือกต่าง ๆ

2. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำซ้ำกันในพวกตัวเลือกต่าง ๆ เพื่อประหยัดเวลาในการอ่าน
3. คำถามแต่ละข้อควรเป็นอิสระ ไม่คาบเกี่ยวกัน เพื่อมิให้ผู้ตอบสามารถนำข้อมูลจากข้อหนึ่งไปตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่งได้
4. ในแต่ละข้อ ควนถามเรื่องที่สำคัญเพียงเรื่องเดียว
5. ควรหลีกเลี่ยงคำถามเชิงปฏิเสธ
6. ไม่ควรให้คำตอบที่ถูกต้องยาวกว่าตัวลวงอื่น ๆ
7. ตัวเลือกทุกตัวต้องมีเหตุผลที่เป็นไปได้
8. ควรลำดับตัวเลือกที่เป็นจำนวนเลขให้เป็นระเบียบ
9. คำถามจะต้องชัดเจนไม่คลุมเครือและกว้าง
10. ในกรณีที่ไม่สามารถเขียนตัวเลือกให้ครบจำนวนได้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกที่เขียนว่า “ถูกหมดทุกข้อ” “สองข้อแรกถูก” “ถูกเฉพาะข้อ ค. และข้อ ง.” เพราะจะทำให้ข้อสอบดูยuckyคุณภาพลงไป
11. ข้อสอบแต่ละข้อควรมีตัวเลือกที่ถูกเพียงคำตอบเดียว
12. คำถามที่เป็นข้อความไม่สมบูรณ์แบบข้อสอบเติมคำ ไม่ควรเว้นที่ที่ต้องการให้เติมในตอนต้นประโยค ควรให้เติมในตำแหน่งหลังสุด
13. ไม่ควรเขียนตัวเลือกว่า “ไม่มีคำตอบถูก” “ผิดหมดทุกข้อ” ในการสอบเกี่ยวกับวิชาคำนวณ เพื่อลดอิทธิพลการเดา
14. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้คำว่า เสมอ, โดยเฉพาะ, เท่านั้น, ไม่เคย เพราะคำเหล่านี้ทำให้นักเรียนเกิดความรูสึกว่าตัวเลือกนั้นผิด และจะไม่เลือกตอบ
15. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์หรือภาษาที่ไม่เคยเรียน
16. ในข้อสอบชุดเดียวกันควรมีจำนวนตัวเลือกในข้อสอบแต่ละข้อเท่ากัน โดยทั่วไปควรใช้ตัวเลือกอย่างน้อย 4 ตัวเลือก
17. ตำแหน่งของตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องควรอยู่อย่างกระจายไม่ควรให้คำตอบอยู่ในตัวเลือกหนึ่งมาก ๆ
18. ไม่ควรเขียนตัวเลือกเป็นคำ ๆ เดียวหรือข้อมูลเดียวซึ่งจะทำให้ข้อสอบวัดแต่ระดับความจำและอาจทำให้คลุมเครือ และมีข้อโต้แย้งในคำตอบได้
19. หลีกเลี่ยงคำหรือข้อความที่ชี้แนะคำตอบ

2.7.5 การสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ

สุราษฏร์ (2552) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติไว้ดังนี้

ข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถในการทำงานหรือการปฏิบัติงานนั้น นอกจากจะต้องมีใบสั่งงาน(Job Sheet) หรือคำสั่งให้ปฏิบัติงานที่ชัดเจนแล้ว เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จัดให้ผู้สอบแต่ละคนใช้ควรจะต้องมีลักษณะและคุณภาพเช่นเดียวกัน ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านกิจนิสัยของผู้เรียนนั้น จะต้องให้รายละเอียดเกี่ยวกับการแสดงออกของผู้เรียนที่แท้จริงได้มากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจต้องใช้เครื่องมือหลาย ๆ อย่างประกอบกัน เช่น บันทึกลับ

พฤติกรรมบุคคล แบบสังเกตการณ์ ซึ่งอาจทำเป็น Check List และ/หรือ Rating Scale สำหรับเก็บข้อมูลพฤติกรรมผู้เรียน เป็นต้น

ข้อสอบที่ใช้วัดผลภาคปฏิบัติ คือ ข้อสอบที่ผู้เรียนจะต้องลงมือทำกันจริง ๆ ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ชัดเจนว่า หลังจากการเรียนการสอนหรือการฝึกหัดจบลงเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนมีความสามารถอยู่ในระดับไหน จึงมีข้อควรระวังอยู่ที่ว่าข้อสอบวัดผลภาคปฏิบัติเป็นคนที่ละอย่างกับการสั่งงานในชั้น Application ซึ่งเป็นการฝึกหัดทักษะภาคปฏิบัติในระหว่างการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ข้อสอบวัดผลภาคปฏิบัติ จะต้องวัดผลได้ครบทั้งกระบวนการในการทำงาน ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การวัดความรู้ในการทำงาน การเตรียมงาน การทำงานที่กำหนดให้และการพิจารณาคุณภาพงานที่ทำด้วย ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจว่าบางครั้งก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงานจริงจะต้องมีการวัดผลภาคทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานนั้น ๆ รวมอยู่ด้วย สำหรับตัวข้อสอบภาคปฏิบัติในส่วนใหญ่มักจะประกอบด้วยรูปภาพ แบบงาน วัสดุที่ใช้ทำ ชิ้นงาน ขนาดวัตถุดิบที่จะทำชิ้นงาน คำสั่ง รวมถึงข้อควรระวังต่าง ๆ ที่จะให้ผู้เรียนลงมือทำ อยู่ในเอกสารเพียงหน้าเดียวก็ได้ ทั้งนี้ ข้อสอบภาคปฏิบัติมีลักษณะอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับว่างานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติเป็นอะไร อยุ่อย่างไรก็ดี ข้อสอบวัดผลทางปฏิบัติจำเป็นต้องใช้วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ร่วมด้วย ฉะนั้นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึงอยู่เสมอ ก็คือ (1) เครื่องไม้เครื่องมือในการสอบของผู้สอบแต่ละคนควรจะเป็นแบบเดียวกันหรือมีคุณภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด การปฏิบัติทดสอบควรจะทำอยู่ในบริเวณการทำงานที่เหมือน ๆ กัน และ (2) ในการสอบครูจะต้องสังเกตการณ์ทำงานของผู้สอบโดยใกล้ชิด ดังนั้นตัวข้อสอบภาคปฏิบัติอาจต้องมีเครื่องมือช่วยเก็บข้อมูลอย่างอื่นสำหรับครูใช้ควบคู่กันไปด้วย เช่น แบบประเมินผลงาน เป็นต้น

จากการสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ พอสรุปได้ว่า ในแบบทดสอบจะต้องประกอบด้วยใบสั่งงาน (Job Sheet) หรือคำสั่งให้ปฏิบัติงานที่ชัดเจน เวลาในการปฏิบัติงาน รูปภาพ แบบงาน วัสดุที่ใช้ทำ ชิ้นงาน ขนาดวัตถุดิบที่จะทำชิ้นงาน คำสั่ง รวมไปถึงข้อควรระวังต่าง ๆ ที่จะให้ผู้เรียนลงมือทำอยู่ในเอกสารเพียงหน้าเดียวก็ได้ ทั้งนี้ข้อสอบภาคปฏิบัติจะมีลักษณะอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับว่างานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติเป็นอะไรหรือขึ้นอยู่กับรายวิชานั้น ๆ

2.7.6 การสร้างแบบประเมินผลภาคปฏิบัติ

สุราษฎร์ (2552) กล่าวว่า สิ่งที่จะวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติจะประกอบด้วย การวัดและประเมินผลความสามารถในการเตรียมงาน ความสามารถในการปฏิบัติงานและคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงานที่ได้ การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ นี้หนักส่วนใหญ่มักจะอยู่ที่ภาคปฏิบัติและผลงานที่ทำออกมา แต่ในบางงานอาจจะต้องมีการตรวจสอบความรู้ในการเตรียมงาน ความรู้ที่ใช้ทำงาน ตลอดจนการวัดตรวจสอบความตระหนักความรับผิดชอบในการทำงานด้วย ดังนั้นในการสร้างใบประเมินผลส่วนใหญ่จะมีรายการวัดผลและประเมินผลดังนี้

1. ในด้านความรู้ความเข้าใจเนื้อหาทางด้านทฤษฎี เป็นการวัดเนื้อหาความรู้ที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการปฏิบัติงาน เช่น การอ่านแบบในใบงาน การอ่านทำความเข้าใจ ไดอะแกรม สัญลักษณ์ การเตรียมงาน การวิเคราะห์งาน เป็นต้น

2. ในด้านความสามารถในการปฏิบัติงาน เป็นการตรวจสอบการปฏิบัติงานตั้งแต่เริ่มเตรียมงาน การทำงานตามขั้นตอน ความถูกต้องและความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร เครื่องมือ

อุปกรณ์ รวมถึงการดูแลรักษา ระยะเวลาในการทำงานตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสำเร็จและอาจพิจารณาถึงทางด้านเจตคติในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วย

3. ในด้านคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของงาน เช่น ผิวนาน รูปร่าง น้ำหนัก เป็นต้น รวมถึงลักษณะการทำงาน หรือการใช้งานว่ามีความสมบูรณ์ขนาดไหน ซึ่งการพิจารณาถึงคุณภาพของชิ้นงาน หรือผลงานที่ทำได้

2.7.7 การให้คะแนนงานปฏิบัติ

สุรราชฎี (2552) กล่าวว่า การให้คะแนนและประเมินผลงานปฏิบัติ แบ่งได้ 4 ประเด็นดังต่อไปนี้

1. วิธีการให้คะแนน

การให้คะแนนงานปฏิบัติทำได้เป็น 2 ลักษณะ คือ (1) การพิจารณาจุดต่าง ๆ แล้วให้คะแนน และ (2) การใช้เครื่องมือไปวัดแล้วให้คะแนน ซึ่งมีหลักการให้คะแนนดังนี้

1.1 โดยการพิจารณาแล้วให้คะแนน (Subjective Valuation) คือ การให้คะแนนโดยอาศัยการสังเกต ใช้ความคิดเห็น ความรู้สึก พิจารณาจุดที่วัดผล เช่น การเตรียมเครื่องมือ การใช้เครื่องจักร ความรับผิดชอบ ความสะอาด ความสำเร็จของงาน คุณภาพการใช้งาน เป็นต้น

| คะแนน | คุณภาพผลงาน |
|-------|---|
| 10 | ผลงานดี ลักษณะส่วนใหญ่ดี ผลงานใช้งานได้ดี |
| 6 | ผลงานพอใช้ ลักษณะพอใช้ ผลงานพอใช้งานได้ |
| 1 | ผลงานไม่ดี ลักษณะไม่ดี ผลงานใช้งานไม่ได้ |
| 0 | กรณีไม่มีผลงานออกมาเลย |

1.2 โดยการใช้เครื่องมือวัดเทียบแล้วให้คะแนน (Objective Valuation) คือ การให้คะแนนโดยพิจารณาที่ขนาดของงาน (หรือชิ้นงาน) จุดที่วัด เช่น ขนาดความยาว ความหนาผิว ขนาดมุม เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือวัดไปตรวจสอบขนาดได้

| คะแนน | คุณภาพผลงาน |
|-------|--|
| 10 | ขนาดอยู่ในพิสัยที่กำหนดให้ |
| 7 | ขนาดอยู่นอกพิสัยไม่เกิน $\pm 25\%$ ของขนาดกำหนด |
| 3 | ขนาดอยู่นอกพิสัยไม่เกิน $\pm 50\%$ ของขนาดกำหนด |
| 1 | ขนาดอยู่นอกพิสัยเกินกว่า $\pm 50\%$ ของขนาดกำหนด |
| 0 | กรณีไม่มีผลงานออกมาเลย |

2. ตัวคูณ (Factor)

ตัวคูณ คือ ค่าน้ำหนักของจุดที่นำมาพิจารณา ด้วยเหตุที่ชิ้นงานในแต่ละชิ้นหรือการทำงานแต่ละงานแต่ละส่วนมีความสำคัญไม่เท่ากัน จุดที่เน้นมากจะมีน้ำหนักคะแนนความสำคัญมาก จุดที่ไม่ค่อยสำคัญก็จะมีน้ำหนักคะแนนน้อย โดยใช้ตัวคูณ 1-5 เพิ่มความสำคัญของแต่ละจุด

3. เวลาในการทำงาน (Working Speed)

เวลาที่ใช้ในการสอบปฏิบัติเป็นเวลาเฉลี่ยสำหรับการทำงานนั้นให้สำเร็จ อาจต่อเวลาสอบได้แต่ไม่ควรเกิน 10 % ของเวลายกกำหนด เวลาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมีผลต่อการให้คะแนน คือ

- (1) การเพิ่มจะเพิ่มเฉพาะผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบ เกินกว่า 75% เท่านั้น
- (2) ในแต่ละ 2% ของเวลาที่เร็วหรือช้ากว่าเวลายกกำหนดจะเพิ่มหรือลด 1 คะแนน
- (3) การเพิ่มหรือลดคะแนน ไม่ควรเกินกว่า 5 คะแนน สำหรับผู้สอบแต่ละคน

4. วิธีประเมินผลงานปฏิบัติ

การประเมินผลงานปฏิบัติ เป็นการจัดระดับว่าผู้เรียนคนนั้นมีความสามารถอยู่ในระดับใด ส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งหากเป็นการจัดระดับคะแนนจากค่านวนเปอร์เซ็นต์ที่ทำได้จากการสอบ การคำนวณทำได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ที่ทำได้} = \frac{\text{คะแนนที่ได้}}{\text{คะแนนเต็ม}} \times 100$$

ส่วนการเทียบเปอร์เซ็นต์กับเกณฑ์ มีดังนี้

| เปอร์เซ็นต์ | ระดับคะแนน | คุณภาพผลงาน |
|-------------|------------|--------------------------------|
| 90 ขึ้นไป | A | ดีทุกจุด ใช้งานได้ ทำงานได้ |
| 75 ถึง 89 | B | อยู่ในขั้น ใช้ได้ และทำงานได้ |
| 60 ถึง 74 | C | อยู่ในระดับ ปานกลาง |
| 30 ถึง 59 | D | อยู่ในระดับ ต่ำ ใช้งานไม่ได้ |
| ต่ำกว่า 30 | F | งานไม่สำเร็จผล ไม่มีผลงานออกมา |

จากที่กล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้จัดทำไปประเมินผลภาคปฏิบัติโดยเลือกรูปแบบการให้คะแนนโดยอาศัยการสังเกต ใช้ความคิดเห็น ความรู้สึก พิจารณาจุดที่วัดผล เช่น การเตรียมเครื่องมือ การใช้เครื่องจักร ความรับผิดชอบ ความสะอาด ความสำเร็จ ของงาน คุณภาพการใช้งาน เป็นต้น ซึ่งการให้คะแนนแบบนี้เหมาะสมกับงานที่เป็นภาคปฏิบัติ

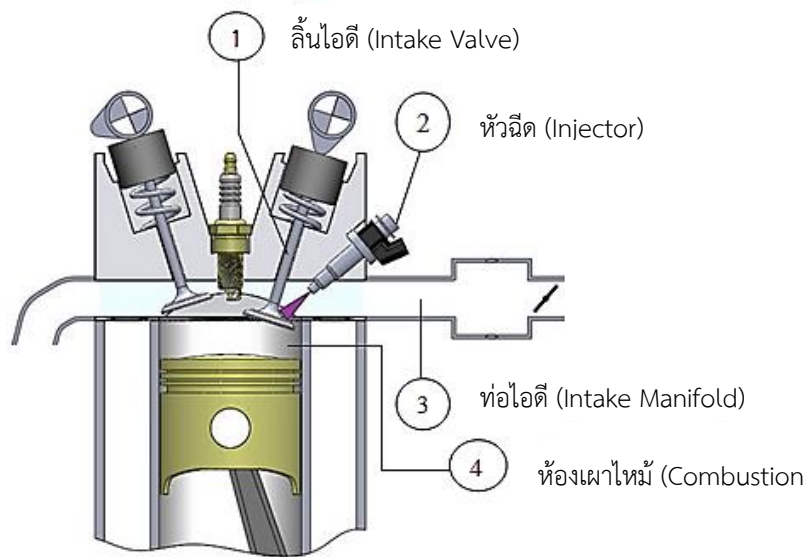
2.8 ทฤษฎีระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์

2.8.1 หลักพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนแบบอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน หรือระบบ EFI (Electronic Fuel Injection System) คือ การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์โดยใช้หัวฉีด (Injector) ที่มีการควบคุมการทำงานด้วยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) หรือบางครั้งเรียกว่า กล่อง อีซียู (ECU) ได้รับการคิดค้นและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ โดยระบบฉีดเชื้อเพลิงนี้จะมีวงจรจ่ายสำหรับส่วนผสมหลายวงจรเหมือนคาร์บูเรเตอร์ หลักการของระบบจะใช้หัวฉีด (Injector) ฉีดเชื้อเพลิงที่แรงดันเข้าไปผสมกับอากาศในท่อร่วมไอดี (Intake manifold) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

ที่ถูกฉีดจะถูกควบคุมให้มีปริมาณเหมาะสมกับปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบ และสภาวะการทำงาน of เครื่องยนต์ในขณะนั้น

น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันจะถูกทำให้มีแรงดันสูงขึ้นประมาณ 2.5 Kg/cm^2 หรือ 2.5 bar ด้วยปั๊มไฟฟ้า ดังโครงสร้างภาพที่ 2-5 เมื่อสัญญาณการฉีดจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ถูกส่งไปยังหัวฉีด น้ำมันที่มีความดันจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี แล้วถูกดูดเข้ากระบอกสูบเครื่องยนต์ ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการส่งกระแสไฟฟ้าเข้าหัวฉีด (สัญญาณการฉีด) โดยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ตรวจสอบสภาพการทำงาน of เครื่องยนต์ เพื่อคำนวณปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและสั่งหัวฉีดให้ฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

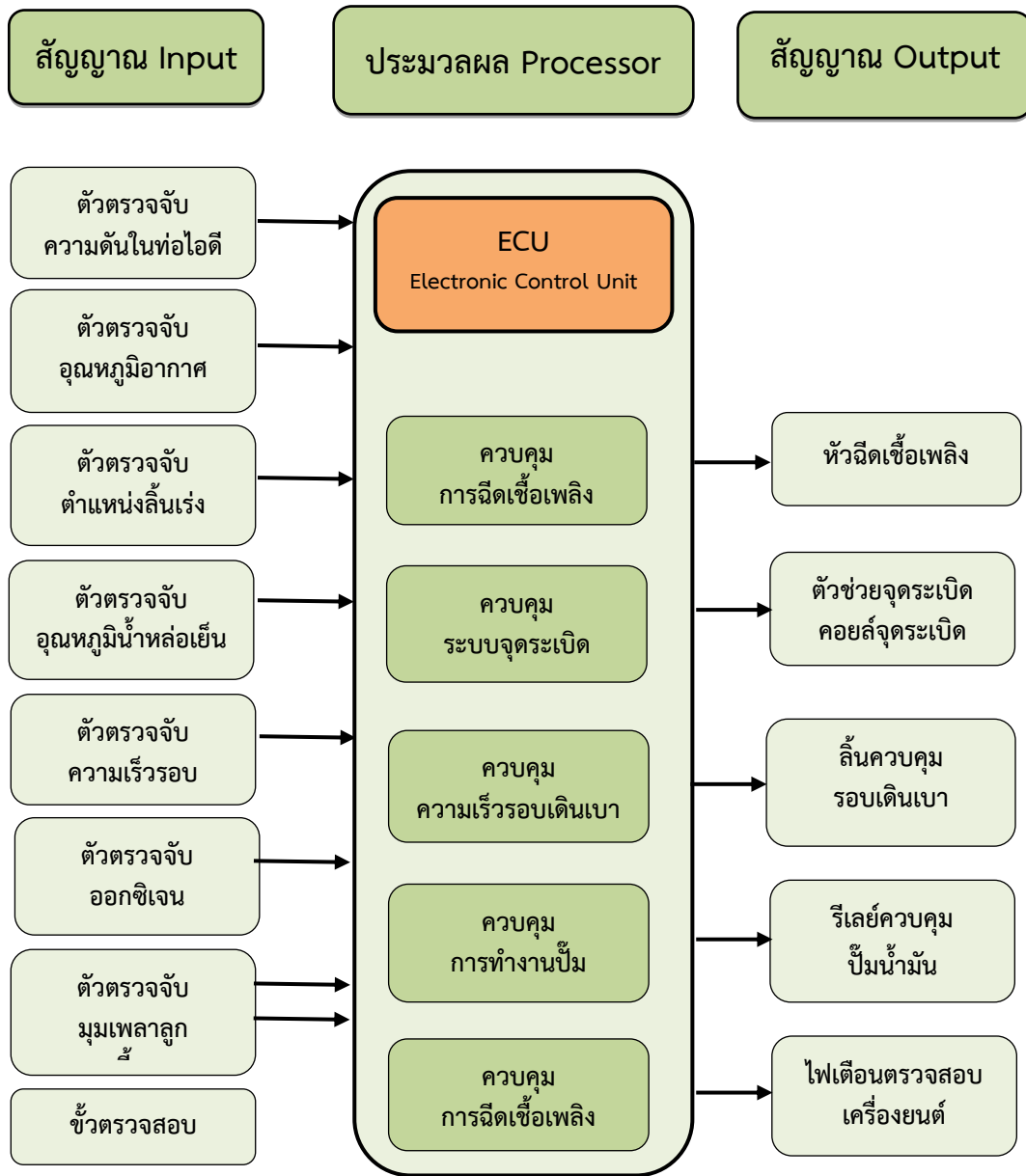


ภาพที่ 2-5 ส่วนประกอบและตำแหน่งติดตั้งหัวฉีด (Injector)

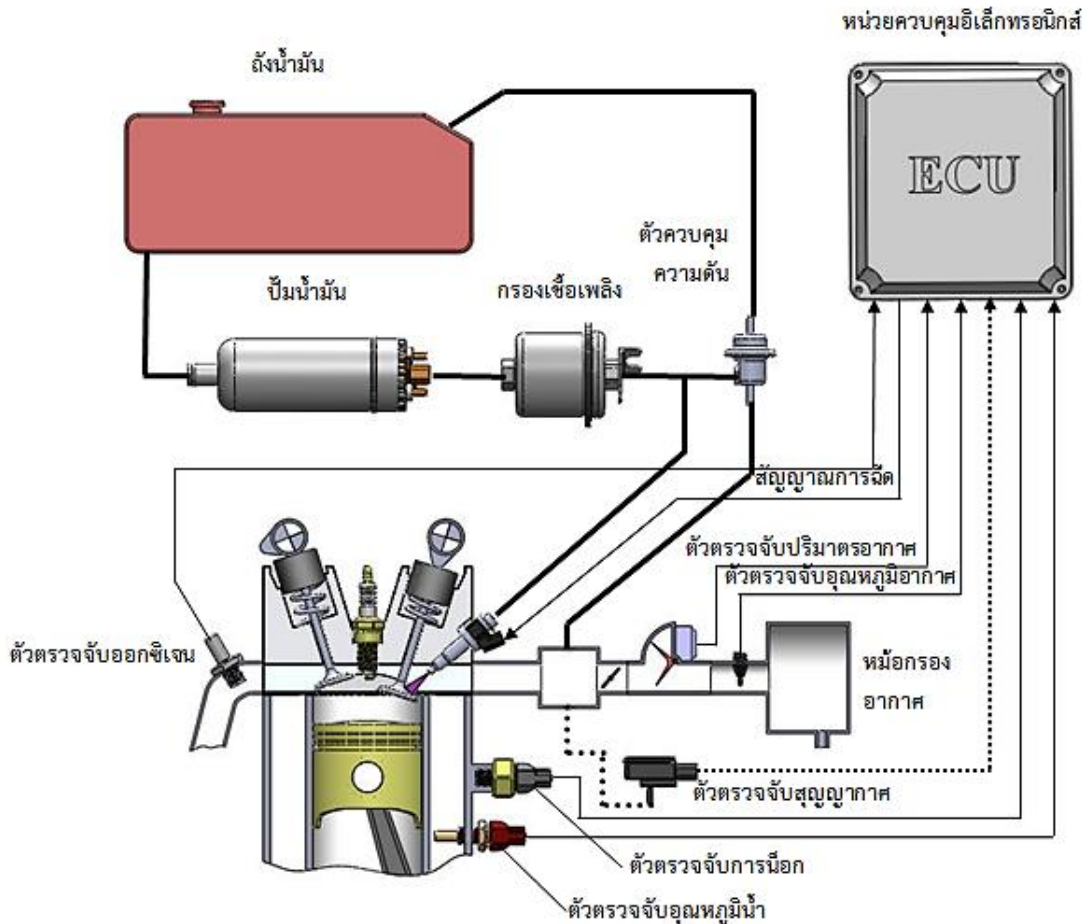
2.8.2 โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับระบบการทำงานคอมพิวเตอร์ คือจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ภาคตรวจสอบสัญญาณด้านอินพุท หน่วยประมวลผล และภาคแสดงผล

สัญญาณด้านอินพุท (Input) หรือที่เรียกว่าเซ็นเซอร์ (Sensor) ได้แก่ตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ ตัวอย่างเช่น ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ ตรวจจับอุณหภูมิไอดี ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง เป็นต้น สัญญาณด้านอินพุทจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ of เครื่องยนต์ ให้หน่วยประมวลผลคอมพิวเตอร์ (Processor) ซึ่งก็คือกล่องควบคุมการทำงาน of เครื่องยนต์ (Electronic Control Unit) หรือกล่อง ECU จากนั้นสัญญาณส่งออกด้านเอาต์พุท (Out put) จากหน่วยประมวลผลจะไปกระตุ้นการทำงาน of อุปกรณ์ เช่น หัวฉีด คอยล์จุดระเบิด ลิ้นควบคุมรอบเดินเบา รีเลย์ควบคุมการทำงาน of ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง การทำงาน of ระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 แสดงระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนด้วยอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 2-7 แสดงโครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์

ในปัจจุบันระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกพัฒนามากขึ้น โดยนำมาใช้แทนระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งเป็นระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (Electronic Control Unit : ECU) เป็นชุดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro Computer) เป็นตัวควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเข้าสู่กระบอกสูบ ทำให้การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงประหยัดและเหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ตลอดเวลา โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังภาพที่ 2-7

2.8.3 ส่วนประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์

ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบที่มีการควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์ โดยประมวลผลจากการวัดความดันของอากาศภายในท่อไอดี หรือมาตรวจวัดปริมาณการไหลของอากาศ เพื่อหาปริมาณอากาศที่เข้าไปในกระบอกสูบด้วยเซนเซอร์วัดความดันภายในท่อไอดี การวัดอุณหภูมิอากาศและการวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังกล่อง

ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดที่เหมาะสมกับปริมาณอากาศ เข้าสู่กระบอกสูบ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ โดยมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ดังนี้

2.8.3.1 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor) ทำหน้าที่ ตรวจจับความดันภายในท่อไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งข้อมูลไปยังกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อประมวลผลหาปริมาณของอากาศ ในการกำหนดระยะเวลาการฉีดพื้นฐาน ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี เป็นความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้แบบสารกึ่งตัวนำ ถูกติดตั้งอยู่ด้านหลังของลิ้นปีกผีเสื้อ เพื่อตัวตรวจจับความดันของอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ แล้วเปลี่ยนความดันอากาศเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปยังกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อประมวลผลหาปริมาณอากาศและรอสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นข้อมูลในการสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นพื้นฐาน ให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะนั้น ๆ ถ้าตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี ส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ แล้วประมวลผลพบว่าความดันในท่อไอดีสูง แสดงว่าในขณะนั้นมีปริมาณของอากาศมาก แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น และสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกันถ้าความดันในท่อไอดีต่ำแสดงว่าในขณะนั้นมีปริมาณอากาศน้อย กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ จะสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงลดน้อยลงเช่นกัน

2.8.3.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Intake Air Temperature Sensor) ทำหน้าที่ ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศแบบเทอร์มิสเตอร์ สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศได้อย่างละเอียด ติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของลิ้นปีกผีเสื้อเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิของอากาศที่ถูกบรรจุเข้าสู่ห้องกระบอกสูบ ทำหน้าที่ ตรวจจับอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งข้อมูลไปยังกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อทำการปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของอากาศในขณะนั้น ๆ

2.8.3.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor) ทำหน้าที่ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งทำหน้าที่ ตรวจจับตำแหน่งการเปิด-ปิด ของลิ้นเร่ง แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งข้อมูลไปยังกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อประมวลผลหาปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในขณะนั้น และส่งข้อมูลสั่งตัดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงขณะผ่อนคันเร่ง โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณของตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์และสัญญาณตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

2.8.3.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Engine Coolant Temperature Sensor) ทำหน้าที่ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ทำหน้าที่ ตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งเข้ากล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อเพิ่มหรือลดปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นติดตั้งอยู่กับฝาสูบบริเวณช่องทางไหลเวียนน้ำหล่อเย็น ภายในประกอบด้วยความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิแบบมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความต้านทานจะลดลง คุณสมบัติดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ส่งเข้ากล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ในขณะนั้น เช่นในขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะมีความต้านทานมาก

แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นจะมาก กล้องควบคุม การทำงานของ เครื่องยนต์จะส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาณมาก และเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิทำงานสูงขึ้น ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นจะมีความต้านทานลดลง แรงดันไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นเข้ากล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ได้มาก กล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ก็จะส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณน้อยลง เพื่อให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์

2.8.3.5 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Crankshaft Position Sensor) ทำหน้าที่ ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ทำหน้าที่ตรวจจับความเร็วรอบของเครื่องยนต์แล้ว เปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งไปยังกล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูล พื้นฐานในการประมวลผลหาอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และกำหนดจังหวะจุดระเบิดให้เหมาะสมกับ การทำงานของเครื่องยนต์ รวมถึงส่งสัญญาณความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยงไปพร้อม กันด้วย เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งในแต่ละจุดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเท่าใด กล้องควบคุมการทำงานของ เครื่องยนต์ จะทำการประมวลผลเพื่อหาอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมและทันต่อสภาวะ การทำงานของเครื่องยนต์

2.8.3.6 ตัวตรวจจับออกซิเจน (Oxygen Sensor) ทำหน้าที่ ตัวตรวจจับออกซิเจน ทำหน้าที่ ตรวจจับปริมาณออกซิเจนในไอเสียของเครื่องยนต์ ภายหลังจากการเผาไหม้ แล้ว เปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปยังกล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อประมวลผล ในการสั่งเพิ่มหรือลดอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ตำแหน่งติดตั้งตัวตรวจจับออกซิเจนอยู่กับบริเวณช่วงต้นของท่อร่วมไอเสีย ภายในประกอบด้วยแผ่น เซอร์โคเนีย (Zirconia) ที่ฉาบด้วยแพลทินัม (Platinum) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูรอบๆ เพื่อตรวจจับก๊าซ ไอเสียที่เกิดจากเผาไหม้ในขณะนั้นว่าเครื่องยนต์เผาไหม้สมบูรณ์เพียงใด ถ้าเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ตัวตรวจจับออกซิเจนจะไม่สามารถตรวจจับออกซิเจนในก๊าซไอเสียได้ กล้องควบคุม การทำงานของ เครื่องยนต์จะสั่งลดอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง จนกว่าจะตรวจจับปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียได้ ในทางกลับกันถ้าตรวจจับพบว่ามีปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียมาก กล้องควบคุมการทำงานของ เครื่องยนต์จะเพิ่มอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่องยนต์

2.8.3.7 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pump) ทำหน้าที่ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์ที่ จัดอยู่ในส่วนของอุปกรณ์ทำงาน ทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงภายในระบบฉีดเชื้อเพลิง โดยปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำการสร้างแรงดันจากถังน้ำมันส่งต่อไปยังหัวฉีดให้เพียงพอต่อความ ต้องการของเครื่องยนต์ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงถูกติดตั้งอยู่ภายในถังน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นปั๊มแบบใบพัด (Turbine) ทำงานด้วยมอเตอร์ 12 V.DC. จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยอัตราการไหลคงที่ที่แรงดัน 294 กิโลปาสกาล (Kpa) โดยท่อดูดของปั๊มจะอยู่ที่จุดต่ำสุดของถังน้ำมันเชื้อเพลิงและมีกรองน้ำมัน เชื้อเพลิง เพื่อตัดกรองสิ่งสกปรก ที่มีขนาด 10 ไมครอนขึ้นไป ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกสั่งให้ทำงาน หรือหยุดการทำงาน โดยกล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานทุกครั้ง ที่เปิดสวิตช์จุดระเบิด โดยกล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์จะสั่งให้ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทำงาน เป็นเวลา 2 วินาที แล้วตัดการทำงาน และจะเริ่มการทำงานอีกครั้งเมื่อมีสัญญาณความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ ส่งมาที่กล้องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานตามสัญญาณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีสัญญาณความเร็วรอบของ

เครื่องยนต์ส่งมายังกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ แรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบจะถูกรักษาแรงดันไว้โดยลิ้นกันกลับ

2.8.3.7 หัวฉีด (Injector) ทำหน้าที่ ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเพื่อผสมกับอากาศบริเวณท่อไอดี ก่อนผ่านลิ้นไอดีเข้าสู่ห้องกระบอกสูบ หัวฉีดที่ใช้เป็นแบบไฟฟ้าบังคับการเปิดของหัวฉีดโดยใช้โซลินอยด์สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อยกเข็มหัวฉีดขึ้น และปิดโดยใช้แรงดันสปริง น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกสร้างแรงดันให้เพิ่มสูงขึ้นด้วยปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง และควบคุมแรงดันโดยตัวควบคุมแรงดัน แล้วส่งผ่านไปยังหัวฉีดโดยผ่านตะแกรงกรองที่อยู่ด้านบน ลงไปยังเข็มหัวฉีดที่ปลายด้านล่างของหัวฉีด ซึ่งในขณะที่หัวฉีดยังไม่ทำงานเข็มหัวฉีดจะถูกสปริงดันให้แนบสนิทอยู่กับบ่าของเข็มหัวฉีด เมื่อถึงจังหวะการฉีด กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์จะสั่งให้หัวฉีดทำงานโดยต่อวงจรไฟฟ้าที่มาจากหัวฉีดลงกราวด์ ทำให้โซลินอยด์เกิดสนามแม่เหล็กดูดปลั๊กเกอร์ เข็มหัวฉีดยกตัวขึ้นจากบ่าของเข็มหัวฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีแรงดันสูง 294 Kpa จะถูกฉีดออกมาในลักษณะเป็นฝอยละออง เพื่อผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องกระบอกสูบ

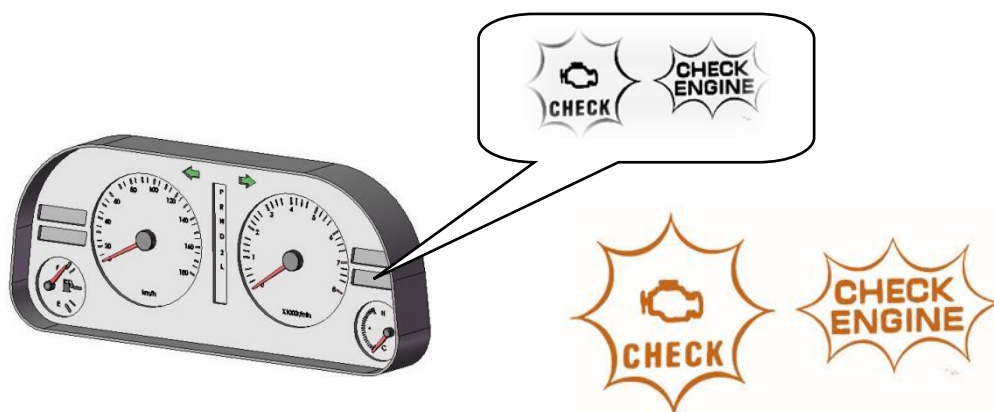
2.8.3.8 วาล์วควบคุมอากาศวงจรถนินเบา (Idle Air Control Valve) ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ผ่านทางชุดวาล์วควบคุมอากาศวงจรถนินเบา โดยควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลผ่านวงจรถนินเบา เพื่อรักษาความเร็วรอบถนินเบาของเครื่องยนต์ให้อยู่ที่ 750 - 850 รอบต่อนาที เมื่อเปิดสวิทช์กุญแจกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ จะสั่งมอเตอร์ปรับระยะตั้งวาล์วควบคุมอากาศเข้าหาตัวมอเตอร์และจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น เพื่อเลื่อนวาล์วปรับระยะกลับคืนตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งเพียงพอต่อการสตาร์ทติดของเครื่องยนต์ ขณะที่เครื่องยนต์ทำงานแต่อุณหภูมิยังไม่ถึงอุณหภูมิทำงาน กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์จะสั่งให้มอเตอร์ปรับระยะตั้งวาล์วควบคุมอากาศ เพื่อที่จะเพิ่มปริมาณอากาศให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ที่ 900 รอบต่อนาที เมื่อเครื่องยนต์ทำงานและมีอุณหภูมิสูงขึ้น กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์จะสั่งวาล์วควบคุมอากาศวงจรถนินเบาคืนกลับตำแหน่งเดิม เพื่อลดปริมาณของอากาศและควบคุมความเร็วรอบถนินเบาของเครื่องยนต์ให้อยู่ที่ 850 รอบต่อนาที

2.8.3.9 หลอดไฟแสดงการทำงานของเครื่องยนต์ (Malfunction Indicator Lamp) ติดตั้งอยู่บนหน้าปัดเรือนไมล์ เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการตรวจวิเคราะห์โดยกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ จะทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ ทุกตัวอยู่ตลอดเวลา เมื่อใดที่ระบบตรวจสอบพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับตัวตรวจจับสัญญาณ หลอดไฟแสดงการทำงานของเครื่องยนต์จะแสดงผลโดยการกระพริบ เมื่อเปิดสวิทช์กุญแจไปที่ตำแหน่ง “ON” หลอดไฟจะติดนาน 2 วินาที แล้วดับลง ถ้าระบบตรวจสอบข้อขัดข้องด้วยตัวเอง ตรวจพบความผิดปกติของตัวตรวจจับสัญญาณหลอดไฟจะติดค้างไว้เพื่อแจ้งเตือน

2.8.3.10. กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine Control Unit : ECU) ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยรับสัญญาณต่าง ๆ จากตัวตรวจจับสัญญาณ แล้วประมวลผลการส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง กำหนดจังหวะจุดระเบิดและการส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ และยังทำหน้าที่ตรวจสอบระบบควบคุม ตลอดเวลาที่เปิดสวิทช์กุญแจรวมถึงการแสดงข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบตรวจสอบความผิดปกติด้วยตัวเอง และบันทึกข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบควบคุมการทำงาน

2.8.4 ระบบการตรวจสอบความผิดปกติด้วยตนเอง

ระบบการตรวจสอบความผิดปกติด้วยตนเองจะถูกโปรแกรมไว้ภายในหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบที่ติดตั้งเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบ โดยระบบจะทำการตรวจสอบการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณอยู่ตลอดเวลา ทำหน้าที่ในการตรวจสอบความบกพร่องของตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) รวมถึงวงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณ เมื่อระบบวินิจฉัยข้อขัดข้องตรวจพบความผิดปกติในการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์จะแสดงผลความผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยกำหนดให้ไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ (Check engine warning lamp) รูปเครื่องยนต์ หรือคำว่า “CHECK ENGINE” จะปรากฏที่มาตรวัดรวม เมื่อหลอดไฟติดสว่างขึ้นจะทำให้เจ้าของรถทราบว่าเกิดปัญหาความผิดปกติเกิดขึ้น ต้องนำรถเข้ารับการบริการตรวจสอบ

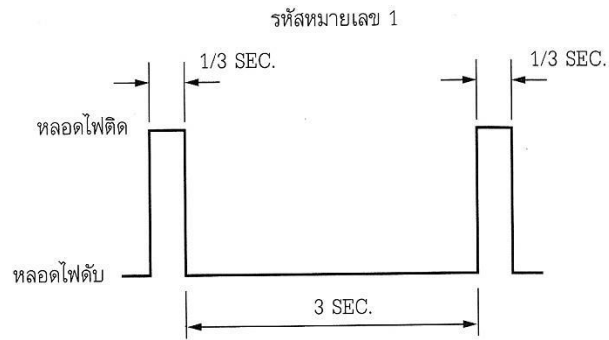


ภาพที่ 2-8 ลักษณะไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ที่มาตรวัดรวม

2.8.5 รหัสปัญหาความผิดปกติ (Diagnostic Code)

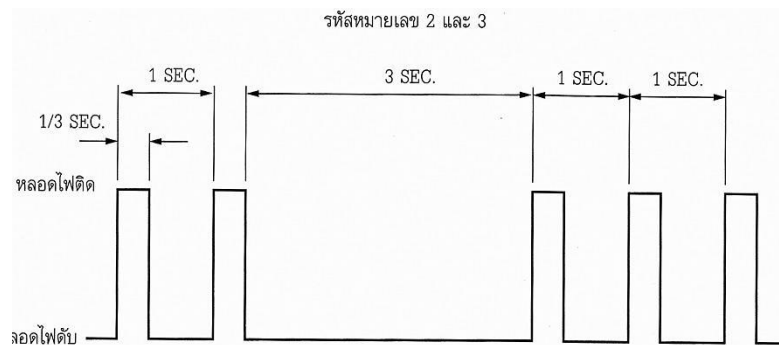
รหัสปัญหาแสดงความผิดปกติของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ รหัสเดี่ยว และรหัสคู่

2.8.5.1 รหัสเดี่ยว เป็นการแสดงรหัสข้อขัดข้องแบบ 1 สัญญาณ ลักษณะการกะพริบของหลอดไฟแสดงการทำงานของเครื่องยนต์ จะเป็นการกะพริบสั้นตามจำนวนครั้งของรหัสด้วยความถี่ที่เท่ากัน แสดงรหัสข้อขัดข้องโดยการกะพริบของหลอดไฟ 1 ครั้ง แทนรหัสหมายเลข 1 หลอดไฟกะพริบ 2 ครั้ง แทนรหัสหมายเลข 2 อย่างเป็นทางการนี้ไปเรื่อยๆ หลอดไฟจะติดสว่างนาน 1/3 วินาที แสดงดังภาพที่ 2-9



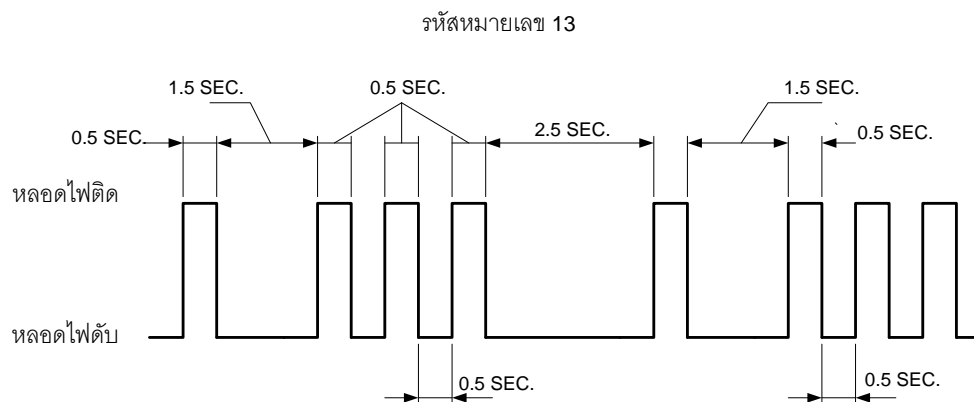
ภาพที่ 2-9 การกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบแสดงรหัสหมายเลข 1

กรณีมีรหัสข้อขัดข้องมากกว่า 1 รหัส คอมพิวเตอร์จะแสดงรหัสข้อขัดข้องเรียงจากรหัสหมายเลขน้อยไปหารหัสที่มีหมายเลขมาก ดังภาพที่ 2.10 แสดงรหัสปัญหาหมายเลข 2 และ 3



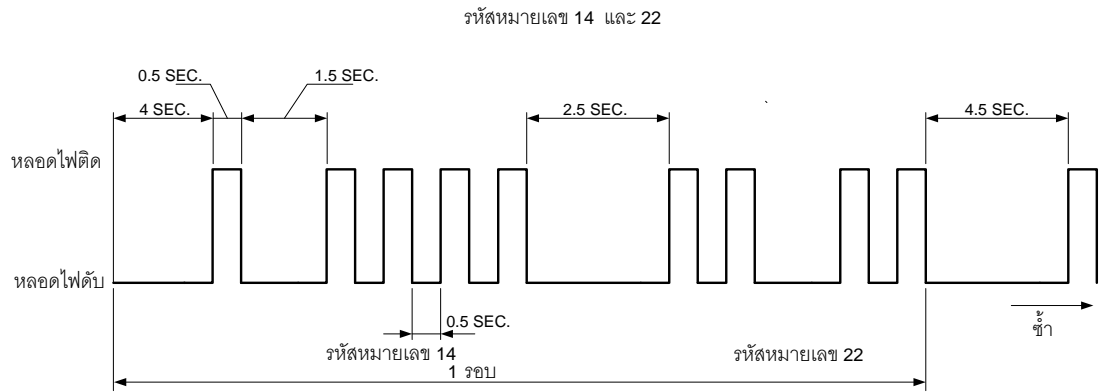
ภาพที่ 2-10 การกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบแสดงรหัสหมายเลข 2 และ 3

2.8.5.2 รหัสคู่ เป็นการแสดงรหัสข้อขัดข้องแบบ 2 สัญญาณ ลักษณะการกระพริบของหลอดไฟแสดงการทำงานของเครื่องยนต์จะเป็นการกระพริบ ยาว-สั้น ตามรหัสด้วยความถี่ที่ไม่เท่ากัน เช่น รหัส 13 หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์กระพริบดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 การกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบแสดงรหัสหมายเลข 2 และ 3

สำหรับกรณีที่มีรหัสข้อขัดข้องเกิดขึ้นมากกว่า 1 รหัส หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์จะกระพริบ แสดงรหัสข้อขัดข้องที่มีตัวเลขน้อยไปหารหัสที่มีตัวเลขมาก เช่น รหัส 14 และ 22 แสดงดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 การกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบแสดงรหัสหมายเลข 14 และ 22

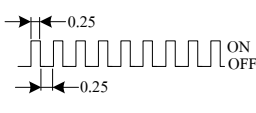








ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบรหัสเดี่ยว (1 สัญญาณ)

| รหัส หมายเลข | จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ | ระบบ | การวินิจฉัยข้อขัดข้อง |
|-----------------|--|--|--|
| 1 | | สภาพปกติ | ----- |
| 2 | | - สัญญาณแรงดัน อากาศหรือ - สัญญาณมาตรวัดการ ไหลของอากาศ | - สัญญาณแรงดันอากาศมีการขาดวงจร หรือ ลัดวงจร - สัญญาณมาตรวัดการไหลของอากาศมีการ ขาดวงจรหรือลัดวงจร |
| 3 | | - สัญญาณการจุดระเบิด | - ไม่มีสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGF) ป้อนเข้า ECU 4 ครั้งติดต่อกัน |
| 4 | | - สัญญาณตัวตรวจจับ อุณหภูมิน้ำ | - สัญญาณอุณหภูมิน้ำมีการขาดวงจรหรือ ลัดวงจร |
| 5 | | - สัญญาณตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (ตัวตรวจจับส่วนผสม บาง) - ตัวอุ่นตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (ตัวอุ่นตัวตรวจจับ ส่วนผสมบาง) | - สัญญาณปริมาณออกซิเจนขาดวงจรหรือ ลัดวงจร - การตรวจจับองตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เสื่อมลง - มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในตัวอุ่นปริมาณ ออกซิเจน |
| 6 | | - สัญญาณความเร็วรอบ เครื่องยนต์ | - ไม่มีสัญญาณ G หรือ NE ไปยัง ECU หลังจากเครื่องยนต์หมุนไปนาน 2 วินาที หรือมากกว่า - ไม่มีสัญญาณ NE ไปยัง ECU นาน 50 msec. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มากกว่า 1000 รอบ/นาที |
| 7 | | - สัญญาณตัวตรวจจับ ตำแหน่งลิ้นเร่ง | - มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในสัญญาณตัว ตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง |
| 8 | | - สัญญาณตัวตรวจจับ อุณหภูมิอากาศ | - สัญญาณอุณหภูมิอากาศมีการขาดวงจรหรือ ลัดวงจร |




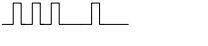
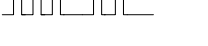
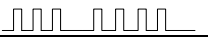

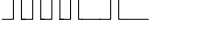

ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบรหัสเดี่ยว (1 สัญญาณ) (ต่อ)

| รหัส หมายเลข | จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ | ระบบ | การวินิจฉัยข้อขัดข้อง |
|-----------------|--|--------------------------------------|--|
| 9 | | - สัญญาณตัวตรวจจับ ความเร็วรถยนต์ | - สัญญาณจากตัวตรวจจับความเร็วรถยนต์มีค่า เป็น 0 km/h หลายวินาที เมื่อความเร็ว เครื่องยนต์มากกว่า 2800 rpm. และ สัญญาณแรงดันอากาศมากกว่าค่ากำหนด |
| 10 | | - สัญญาณการสตาร์ท | - ไม่มีสัญญาณการสตาร์ท (STA) จนกระทั่ง เครื่องยนต์มีความเร็วรอบเกินกว่า 800 rpm. ที่ความเร็วรถยนต์ 0 km/h |
| 11 | | - สัญญาณสวิตช์ | - สวิตช์เครื่องปรับอากาศเปิด (ON) หรือ หน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบา (IDL) ของตัว ตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งปิด (OFF) (ไม่มีการ บันทึกลงในหน่วยความจำ) |
| 12 | | - สัญญาณตัวตรวจจับ การน็อก | - สัญญาณตัวตรวจจับการน็อกมีการขาดวงจร หรือลัดวงจร |
| 13 | | - สัญญาณควบคุม การน็อกใน ECU | - การควบคุมการน็อกใน ECU บกพร่อง |
| 14 | | - สัญญาณความดัน เทอร์โบชาร์จ | - ความดันเทอร์โบชาร์จผิดปกติ |




ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบรหัสคู่ (2 สัญญาณ)

| รหัส หมายเลข | จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ | ระบบ | การวินิจฉัยข้อขัดข้อง |
|-----------------|---|--|---|
| |  | - สภาพปกติ | ----- |
| 11 |  | - ECU ขั้ว + B | - การจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังกล่อง ECU เกิดการหยุดชะงักชั่วคราว |
| 12 |  | - สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ | - ไม่มีสัญญาณ G หรือ NE ไปยัง ECU หลังจากเครื่องยนต์หมุนไปนาน 2 วินาทีหรือมากกว่า |
| 13 |  | - สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ | - ไม่มีสัญญาณ NE ไปยัง ECU นาน 50 msec. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มากกว่า 1000 รอบ/นาที |
| 14 |  | - สัญญาณการจุดระเบิด | - ไม่มีสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGf) ป้อนเข้า ECU 4 ครั้งติดต่อกัน |
| 21 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน(ตัวตรวจจับส่วนผสมบาง) - ตัวอุ่นตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน(ตัวอุ่นตัวตรวจจับส่วนผสมบาง) | - สัญญาณปริมาณออกซิเจนขาดวงจรหรือลัดวงจรการตรวจจับของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนเสื่อมลง - มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในตัวอุ่นปริมาณออกซิเจน |
| 22 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ | - สัญญาณอุณหภูมิน้ำมีการขาดวงจรหรือลัดวงจร |
| 24 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ | - สัญญาณอุณหภูมิอากาศมีการขาดวงจรหรือลัดวงจร |
| 25 |  | - อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงบางเกินไป | - สัญญาณส่วนผสมบางจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.45 V) ถูกส่งเป็นเวลานานกว่า 90 วินาทีหรือ 120 วินาที |

ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบรหัสคู่ (2 สัญญาณ) (ต่อ)

| รหัส หมายเลข | จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ | ระบบ | การวินิจฉัยข้อขัดข้อง |
|-----------------|---|--|---|
| 26 |  | - อัตราส่วนผสมของ เชื้อเพลิงหนาเกินไป | - สัญญาณส่วนผสมหนาจากตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 0.45 V) ถูกส่งเป็นเวลานานกว่า 90 วินาที หรือ 120 วินาที |
| 27 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนช่วย หรือตัวอุ่นตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนช่วย | - มีการขาดวงจรถือลัดวงจรในตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนช่วย |
| 28 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนหรือ ตัวอุ่นตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนตัว ที่ 2 | - เหมือนกับรหัสหมายเลข 21 |
| 31 |  | - สัญญาณแรงดัน อากาศหรือสัญญาณ มาตรวัดการไหลของ อากาศ | - สัญญาณแรงดันอากาศมีการขาดวงจรถือ ลัดวงจร - สัญญาณมาตรวัดการไหลของอากาศ มีการ ขาดวงจรถือลัดวงจร |
| 32 |  | - สัญญาณมาตรวัดการ ไหลของอากาศแบบ แผ่นวัด หรือสัญญาณ ตัวตรวจจับการชดเชย ความสูง (7M-GTE) | - ชั่ว E2 มีการขาดวงจรถือลัดวงจร ระหว่าง ชั่ว VCC และ VS - สัญญาณตัวตรวจจับการชดเชยความสูง มี การขาดวงจรถือลัดวงจร |
| 34 |  | - ความดันเทอร์โบชาร์จ | - ความดันเทอร์โบชาร์จผิดปกติ |
| 35 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับ ความดันเทอร์โบชาร์จ - สัญญาณตัวตรวจจับ การชดเชยความสูง | - สัญญาณตัวตรวจจับความดันเทอร์โบชาร์จ ขาดหรือลัดวงจร - สัญญาณตัวตรวจจับการชดเชยความสูงมีการ ขาดวงจรถือลัดวงจร |
| 41 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับ ตำแหน่งลิ้นเร่ง | - สัญญาณมุมของลิ้นเร่งขาดวงจรถือลัดวงจร |
| 42 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับ ความเร็วรถยนต์ | - สัญญาณจากตัวตรวจจับความเร็วรถยนต์มีค่า เป็น 0 km/h หลายวินาที เมื่อความเร็ว เครื่องยนต์สูงและมีภาระหนัก |

ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบรหัสคู่ (2 สัญญาณ) (ต่อ)

| รหัส หมายเลข | จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ | ระบบ | การวินิจฉัยข้อขัดข้อง |
|-----------------|---|--|--|
| 43 |  | - สัญญาณการสตาร์ท | - ไม่มีสัญญาณการสตาร์ท (STA) จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเกินกว่า 800 rpm ที่มีความเร็วรถยนต์ 0 km/h |
| 51 |  | - สัญญาณสวิทช์ | - สวิทช์เครื่องปรับอากาศเปิด (ON) หรือหน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบา (IDL) ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งปิด (OFF) |
| 52 |  | - สัญญาณตัวตรวจจับการน็อก | - สัญญาณตัวตรวจจับการน็อกมีการขาดวงจรหรือลัดวงจร |
| 53 |  | - สัญญาณการควบคุมการน็อกใน ECU | - การควบคุมการน็อกใน ECU บกพร่อง |
| 54 |  | - สัญญาณลดอุณหภูมิไอติของ ECU | - ระดับน้ำหล่อเย็นสำหรับลดอุณหภูมิไอติต่ำกว่ามาตรฐาน - มอเตอร์ปั๊มน้ำสำหรับลดอุณหภูมิไอติถูกล็อกหรือขาดวงจร |
| 71 |  | - ระบบหมุนเวียนไอเสีย (EGR) ทำงานผิดปกติ | - อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (EGR) ต่ำกว่าค่าที่กำหนดขณะมีการควบคุม |
| 72 |  | - สัญญาณรีเลย์คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ (ACR) | - วงจรรีเลย์คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศขาดหรือลัดวงจร |

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิพิธ (2546) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกโทรทัศนส์ วิชาปฏิบัติโทรทัศนส์ 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพผลการวิจัยปรากฏว่าชุดฝึกโทรทัศนส์มีประสิทธิภาพ 84.53/81.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนด 80/80

สุรินทร์ (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนจากชุดฝึกกับเรียนด้วยวิธีสอนตามแผนการสอน ในวิชามอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม เรื่องการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดฝึกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนตามแผนการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บรรเจิด (2557) ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลแบบคอมมอนเรลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ และนำไปใช้สอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่

เรียนด้วยชุดฝึกกระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลแบบคอมมอนเรลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าผู้เรียนด้วยวิธีการสอนตามแผนการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุรพงษ์ (2557) การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกกระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถจักรยานยนต์ จากผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกกระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถจักรยานยนต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.58/83.28 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ 80/80 และค่าเฉลี่ยของคะแนนการทำแบบทดสอบหลังจบบทเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการทำแบบทดสอบหลังจบบทเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตลอดจนการประเมินคุณภาพของชุดฝึกกระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถจักรยานยนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.80 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 3.50 เห็นได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกกระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถจักรยานยนต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนตามแผนการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วีระยุทธ (2559) ได้ทำวิจัย การพัฒนาชุดฝึกอบรมโดยใช้มาตรฐานสมรรถนะอาชีพช่างวินิจฉัยข้อบกพร่องระบบควบคุมหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับโดยภาพรวมจำแนกโมดูลฝึกอบรมฐานสมรรถนะออกได้เป็น 5 โมดูล มีสมรรถนะย่อย จำนวน 46 ข้อ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 0.87 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมโดยภาพรวมมีค่าประสิทธิภาพ 84.17/83.61 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังด้วยชุดฝึกอบรมมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยรวม 4.78 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

ประชิด และคณะ (2559) ได้ทำงานวิจัยการสร้างและประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติรถจักรยานยนต์ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ผลปรากฏว่าด้านการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติและในด้านการนำชุดฝึกปฏิบัติไปใช้สอนมีความสอดคล้องอยู่ในระดับมาก และสามารถนำชุดฝึกปฏิบัติรถจักรยานยนต์ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ในการเรียนการสอนได้

Pelegren Cardino And Consorcio S. Namoco (2559) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาและประเมินผลของแผงวงจรจำลองสำหรับชุดฝึกอบรม EFI ในรถยนต์ วัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมใช้กับระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ผลการวิจัยได้ชุดฝึกที่มีการออกแบบเฉพาะตัว กระบวนการในห้องทดลองสามารถทำได้โดยมีความแม่นยำใช้ระยะเวลาน้อยในการใช้ชุดฝึกหลายอย่างที่เกี่ยวกับ ระบบ EFI สามารถทำได้ง่ายขึ้นหนึ่งนั่นคือการสาธิตการทำงานของระบบ EFI การทดสอบ EFI การจำลองความผิดพลาดและปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ EFI ผลการประเมิน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าเหมาะสมสำหรับการใช้งานการนำ SSB นี้ไปใช้ สามารถสร้างความเข้าใจและประสบการณ์หลักการทำงานหาระบบ EFI

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึก สรุปได้ว่าชุดฝึกสามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนเกิดแรงจูงใจและได้รับประสบการณ์จากการเรียนในสถานะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงทุกประการ ช่วยให้ผลการฝึกของนักเรียนสูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าการสร้างชุดฝึก สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนในวิชา

งานระบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้ จึงนำเอาหลักการและวิธีการดำเนินการสร้างชุดฝึกจากเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดฝึกระบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอน และยังใช้เป็นแนวการพัฒนาสร้างชุดฝึกในระบบอื่น ๆ ต่อไป