

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัย เรื่อง เครื่องมือวัดไฟฟ้า รหัส 2104-2204 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2546 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการ รวมถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเพื่อนำมาพัฒนาเป็นสื่อการเรียนรู้ในการที่จะพัฒนาความสามารถให้แก่ผู้เรียน โดยมีรายละเอียดการนำเสนอและลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 ความหมายของการสอนทดลอง
- 2.2 จุดมุ่งหมายของการสอนแบบทดลอง
- 2.3 ประเภทของการสอนทดลอง
- 2.4 กิจกรรมที่ใช้ในงานทดลอง
- 2.5 ใบงานทดลอง
- 2.6 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล
- 2.7 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง
- 2.8 รูปแบบการวิจัย
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ความหมายของการสอนทดลอง

การสอนช่วงอุตสาหกรรมนั้นจะเน้นในการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนจากการจัดประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาและการฝึกทักษะที่จำเป็นของการทำงาน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนไปสู่ตลาดแรงงานในภาคอุตสาหกรรม งานปฏิบัติกิจกรรมที่ผสมผสานกันระหว่างความรู้ข้อมูลในศาสตร์ต่างๆ ทั้งความสามารถทางสมอง (Intellectual Skill and Cognitive Strategies) ความสามารถทางกาย (Manipulative Skills) และการพัฒนาทัศนคติ (Affective) กิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนความสามารถเหล่านี้ได้แก่การสอนทดลอง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าได้มีการพัฒนารูปแบบการสอนทดลองเพื่อนำมาใช้ในการสอนช่วงอุตสาหกรรมทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้ ทักษะ และความสามารถ โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการสอนทดลองไว้ดังนี้

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู [1] ได้ให้ความหมายของการสอนทดลอง (Laboratory Instruction) ไว้ว่ากระบวนการที่ผู้สอนพยายามสร้างกิจกรรม หรือสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัส และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและวัสดุด้วยการลงมือปฏิบัติ เป็นงานที่ฝึกการประสานความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทางวิชาการในศาสตร์ ความสามารถทางสมองหรือความคิดกับประสาท

สัมพัทธ์ต่างๆ เป็นการให้ประสบการณ์หลายมิติที่พัฒนาความสามารถของมนุษย์หลายประการ เช่น ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา พิสูจน์ข้อเท็จจริงจากทฤษฎีที่ได้ค้นพบแล้วเกิดการเรียนรู้และเกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่นำไปปฏิบัติ สามารถพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือ รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงได้

บุญชม ศรีสะอาด [2] ได้ให้ความหมายของการสอนทดลอง คือ การสอนที่ให้ผู้กระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยการทำการทดลองปฏิบัติโดยผ่านการสังเกตการทดลองสภาพที่ควบคุมไว้ ทำให้ผู้เรียนมีความฉลาดในการใช้เครื่องมือในการทำงาน รู้จักสังเกตหาข้อมูลจากสถานการณ์จริงและสามารถสรุปผลจากการศึกษาค้นพบได้ถูกต้อง

ทรงชัย จันทร์ประเสริฐ [3] ได้กล่าวว่า การสอนทดลองยังหมายถึงวิธีการสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงที่เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติ หรือการศึกษาข้อเท็จจริงจากภาคทฤษฎีที่ได้มีผู้ค้นพบมาแล้ว โดยผู้เรียนทำการทำการทดลองและหรือโดยวิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติ การทดลองตามเนื้อหาทฤษฎีที่ได้เรียนมาแล้วสรุปถึงข้อเท็จจริงตามทฤษฎี

กาญจนา เกียรติประวัตติ [4] ได้ให้ความหมายไว้ว่า การสอนทดลอง หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรงของผู้เรียน ทำให้เกิดประสบการณ์ใหม่ๆ จากผลผลิตหรือข้อเท็จจริง จากการสังเกตและการปฏิบัติการทดลองเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่ม ในบางครั้งจะทดลองเพื่อพิสูจน์กฎเกณฑ์ที่บุคคลอื่นค้นพบแล้ว เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของกฎเกณฑ์นั้น

ชัชวาล มูลศรี [5] ได้ให้ความหมายของการสอนทดลอง (Laboratory Instruction) ไว้ว่า การสอนทดลอง (Laboratory Instruction) คือ กระบวนการที่ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักสังเกตสามารถพิสูจน์กฎเกณฑ์ข้อเท็จจริงจากทฤษฎีที่มีการค้นพบมาแล้ว รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองแก้ปัญหาเกี่ยวกับงานจริงในภาคสนามได้ ทั้งนี้โดยใช้วิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติการทดลองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ เกิดประสบการณ์ตรงจากปฏิบัติการทดลอง

สุพิน บุญชูสงค์ [6] และชูชาติ เชิงฉลาด [7] ได้ให้นิยามของการทดลอง (Experiment) ไว้ว่า “การทดลองนั้นต้องการให้ผู้เรียนมีความฉลาด ในการใช้เครื่องมือทำงาน รู้จักสังเกตหาข้อมูลจากสถานการณ์จริงและสามารถสรุปผลจากการศึกษาค้นพบได้อย่างถูกต้อง”

Leignbody และ Kidd [8] การสอนทดลองเป็นการปฏิบัติแบบหนึ่ง ที่มุ่งให้ผู้เรียนรู้หลักการและข้อเท็จจริงจากสิ่งทีคนอื่นได้ค้นพบไว้แล้ว เป็นการทบทวนและพิสูจน์ว่าเป็นจริงตามทฤษฎีที่ตั้งขึ้นไม่ว่าการทดลองนั้นจะเกิดเมื่อไรเวลาใดก็ตาม ข้อเท็จจริงนั้นก็เปลี่ยนแปลง

สุวัต นิยมคำ [9] ได้ให้ความหมายการสอนทดลองไว้ว่า เป็นการสำรวจค้นหาสิ่งที่เราไม่รู้มาก่อนด้วยการใช้ทักษะขบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ที่สุด การสำรวจค้นคว้าข้อมูลนั้นอาจจะเป็นการสำรวจตามมโนคติของสิ่งต่างๆ หลักการ กฎ สูตร ทฤษฎี วิธีการค้นหาอาจจะมีการตั้งสมมุติฐานหรืออาจจะไม่มีการตั้งสมมุติฐานก็ได้ การค้นหานั้นอาจมีการทดลองแบบแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ หรือ ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบก็ได้ แต่การทดลองทุกประเภทจะประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอนคือ กิจกรรมขั้นตอนการออกแบบวงจรกับกิจกรรมขั้นปฏิบัติทดลอง

## 2.2 จุดมุ่งหมายของการสอนแบบทดลอง

องค์ประกอบในการจัดการสอนในห้องทดลองนั้นเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆมากมาย ตั้งแต่เนื้อหาสาระ อุปกรณ์เครื่องมือ และวัสดุ บุคลากรระดับต่างๆหลายฝ่าย การเงิน สถานที่และองค์ประกอบอื่นๆ อีกมากมายอันเป็นผลให้กิจกรรมนี้มีอัตราการลงทุนสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการสอนลักษณะอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้กิจกรรมการนี้มีผลลัพธ์คุ้มค่ากับงบประมาณ จึงควรมีการกำหนดจุดมุ่งหมายที่กว้างและครอบคลุมพฤติกรรมที่ควรพัฒนา ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู [8] ได้อธิบายจุดมุ่งหมายของการสอนทดลองไว้หลายประการ ดังนี้

**2.2.1 พัฒนาความสามารถทางทฤษฎี (Cognitive Abilities)** หมายถึง การพัฒนาความสามารถทางสมองที่เกิดจากการนำเอาเนื้อหาในศาสตร์ ตั้งแต่ Factual Information, Concept, และ Principle ตลอดจนทฤษฎีต่างๆในศาสตร์ เข้ามาใช้ในการปรับปรุง set เครื่องมืออุปกรณ์ในขณะทดลอง การสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ของสมอง กับ กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดหลายรูปแบบ (Initiative, Creative, Reflexive and Critical thinking) การสร้างความสามารถในการระลึกและการทบทวนข้อมูลในอดีต ในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ของการทดลอง ประสบการณ์เหล่านี้มีผลต่อความเข้าใจที่ลึกซึ้งในเนื้อหา ทำให้จำเนื้อเรื่องได้นาน ผู้เรียนที่ได้สัมผัสกับเหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดความสามารถในการประยุกต์ใช้งาน และเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาได้ ปฏิกริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้น เป็นการพัฒนาความสามารถทางสมองจากการปฏิบัติการในห้อง Laboratory ที่จะค่อยๆ สัมผัสทีละน้อย จนในที่สุด จะเป็นความสามารถในระดับ Re-productive หรือ Productive Skill ได้ง่าย พฤติกรรมความสามารถทางทฤษฎีที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. ขยายความรู้ที่ได้จากการเรียนในชั้นเรียน (ความรู้ในกฎ สูตร และการทำงานของเครื่องมืออุปกรณ์)
2. เห็นความแตกต่างระหว่างทฤษฎีกับปฏิบัติ (Theory Verification)
3. พัฒนาความสามารถในการพยากรณ์ผลลัพธ์
4. พัฒนาความสามารถในการประยุกต์หลักการต่างๆ
5. พัฒนาความสามารถในการอ้างอิง (Inference)
6. พัฒนาความสามารถในการสรุปผล (Generalization)

**2.2.2 พัฒนาความสามารถเฉพาะตัวทางช่าง** หมายถึง ความสามารถที่สะสมในตัวบุคคล อันเกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ และภาคประยุกต์ ความสามารถเหล่านี้ได้แก่ ความคล่องตัวในการปฏิบัติงานต่างๆ ความสามารถในการใช้กลวิธีทางความคิด (Cognitive Strategy) ในการวิเคราะห์แก้ปัญหา ความสามารถในการระลึกถึงและประมวลเรื่องราวต่างๆ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ ตลอดจนมีไหวพริบและปฏิภาณในการทำงาน

1. ความสามารถในการวัดและการสังเกตปรากฏการณ์
2. ความสามารถในการสรุปผลจากการสังเกต จากการวัด และจากการทดลอง ได้อย่างถูกต้อง
3. ความสามารถในการสร้างระบบการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง และพัฒนาความมั่นใจในการแก้ปัญหา
4. พัฒนาความสามารถในการจัดระบบการเก็บและบันทึกข้อมูลที่เหมาะสม
5. พัฒนาทักษะทางปฏิบัติ เช่น การติดตั้งและดำเนินงานเกี่ยวกับเครื่องมือ เครื่องจักร (Setting and Handling Equipment)
6. ความสามารถในการพัฒนาระบบวิธีการสอน วิธีการวางแผน รวมทั้งความสามารถในการปรับปรุง หรือแก้ไขแผนการทดลองให้เหมาะกับสถานการณ์
7. ความสามารถในการประมาณขนาดหรือปริมาณต่างๆ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือวัด (Judging Magnitude without Measurements)
8. สร้างพลังอำนาจในการตัดสินใจ

**2.2.3 ให้ประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องมือและงานอุตสาหกรรม** หมายถึง ความรอบรู้ในลักษณะรูปร่าง ประเภท การทำงาน คุณสมบัติ ข้อจำกัด ตลอดจนขั้นตอนวิธีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ ตลอดจนกระบวนการ ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานในห้องทดลอง พฤติกรรมดังกล่าวประกอบด้วย

1. สร้างความคุ้นเคยเกี่ยวกับ โครงสร้าง การทำงานภายในของเครื่องมือ วัสดุ และเทคนิคการปฏิบัติงานที่ใช้เครื่องมือในวิชาชีพ

2. สร้างความเข้าใจ (Realize) ในข้อจำกัดของเครื่องมือและวัสดุ รวมทั้งพัฒนาความสามารถในการดัดแปลงแก้ไขงาน หรือวิธีการทำงาน การใช้อุปกรณ์เครื่องมือในสถานการณ์อื่นได้อย่างปลอดภัย

3. พัฒนาความสามารถในการเลือกเครื่องมืออุปกรณ์ วัสดุ และวิธีการทดลองที่เหมาะสม

4. พัฒนาความสามารถในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการค้นหาแหล่งผิดพลาดที่เกิดขึ้น และสามารถจำกัดข้อผิดพลาดเหล่านั้นได้ (Recognize Source of Error)

5. สร้างจิตสำนึกและความตระหนักใน มาตรการของความปลอดภัยในการทำงานสร้างกลไกและเทคนิควิธีในการสังเกต ตลอดจนได้สร้าง Schemata ของกระบวนการทำงาน ตลอดจนวิธีการแก้ไขให้ผู้ปฏิบัติอุปกรณ์เครื่องมือและสิ่งแวดล้อมมีความปลอดภัย

**2.2.4 พัฒนาความสามารถทางสังคม** หมายถึง ความสามารถในการแสดงออกให้ผู้อื่นได้เข้าใจ ความรู้ความคิดที่ตนเองมีอยู่ ได้แก่ ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร การสร้างตัวเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ความสามารถเหล่านี้เป็นผลลัพธ์โดยอ้อมที่เกิดการเรียนรู้จากแหล่งการเรียนรู้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะการเรียนรู้ภาคปฏิบัติในห้องทดลอง ความสามารถดังกล่าวประกอบด้วย

1. พัฒนาความสามารถในการเขียนรายงาน และความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณชนได้
2. พัฒนาความสามารถในการแสดงออกของความต้องการ ความตั้งใจ ความสามารถการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการแสดงออกซึ่งความรู้ความสามารถที่มีอยู่
3. พัฒนาความสามารถของการทำงานเป็นทีมได้ ทั้งในลักษณะของผู้นำและสมาชิกของกลุ่มปฏิบัติการ
4. พัฒนาความสามารถในการติดต่อประสานงานกับบุคคลและองค์กรต่างๆ ได้

กาญจนา เกียรติประวัตติ [4] ได้ให้จุดมุ่งหมายของการสอนทดลองไว้ดังนี้

1. เพื่อเรียนรู้ด้านวิชาการในการสอนครูอาจจะสาธิตวิธีการเฉพาะอย่างให้ผู้เรียนสังเกตแต่ต้องให้ผู้เรียนมีโอกาสทดลองแสดงวิธีการนั้นด้วยตนเองด้วย
2. เพื่อฝึกทักษะการปฏิบัติการชนิดนี้จะต้องจัดเวลา และสถานที่สำหรับให้ผู้เรียน เพื่อฝึกทักษะให้คล่องแคล่ว สำหรับนำไปใช้แก้ปัญหาจริง
3. เพื่ออธิบายหลักการ การปฏิบัติในแนวนี้เป็นการขยายความสิ่งที่ได้เรียนด้วยการบอกผู้เรียนได้นำสิ่งที่เรียนมาใช้กับปัญหาจริง
4. เพื่อรวมข้อมูลและแปลความหมายให้ผู้เรียนมีโอกาสรวบรวมข้อมูล จัดหมวดหมู่แล้วสรุปผลหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

5. เพื่อฝึกให้ใช้เครื่องมือประสบการณ์ ในห้องปฏิบัติการหรือโรงฝึกงานจำนวนมากเป็นการสอนให้ผู้เรียนหัดใช้เครื่องมือที่จะเกี่ยวข้องกับการทำงาน

6. เพื่อปฏิบัติการสร้างสรรค์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำความรู้ต่างๆจากการเรียนและได้แสดงความคิดเห็นด้วย

จากข้อความดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปจุดมุ่งหมายของการจัดการสอนทดลองได้ว่า เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถทางทฤษฎี ความสามารถเฉพาะตัวทางช่างให้เกิดประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ สามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงในงานอุตสาหกรรม รวมทั้งพัฒนาความสามารถทางสังคม

### 2.3 ประเภทของการสอนทดลอง (Types of Laboratory Instruction)

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู [8] การจัดการเรียนการสอนทดลองนี้ มีหลักปรัชญาที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนอยู่ 2 ปรัชญา คือ

1. ปรัชญาที่ให้ความสำคัญของเนื้อหาเป็นหลัก (Subject Based Approach)
2. ปรัชญาที่ให้ความสำคัญของประสบการณ์เป็นหลัก (Unified Approach)

ทั้ง 2 ปรัชญานี้ มีแนวทางในการปฏิบัติที่ต่างกันตรงกันข้าม ปรัชญาแรกเน้นในเรื่องความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นสำคัญ การทดลองเป็นส่วนประกอบที่จะขยายความรู้ ส่วนปรัชญาหลัง มีความเชื่อว่าสาระสำคัญของเนื้อหานั้น มีแหล่งกำเนิดมาจากการปฏิบัติ การเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นเพียงส่วนขยายข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติให้กว้างขวางขึ้น แนวคิดทั้งสองรูปแบบนี้ จึงเป็นต้นกำเนิดของวิธีการสอนทดลอง 2 แนวทาง คือ

1. Traditional Laboratory หรือ Classroom Centre เป็นการสอนแบบทดลองหลังการเรียนทฤษฎี เพื่อให้กิจกรรมของการทดลองสนับสนุนหรือขยายการเรียนรู้ทฤษฎีในห้องเรียน
2. Laboratory Centre เป็นการสอนการทดลอง ก่อนการเรียนภาคทฤษฎี ทั้งนี้ก็เพื่อให้กิจกรรมในชั้นเรียนเป็นการขยายความรู้ที่ได้จากการทดลอง

การเรียนการสอนทดลองทั้ง 2 ประเภทนี้ มีข้อดีจำกัดและวิธีการดำเนินงานที่แตกต่างกันอย่างมาก ไม่สามารถจะกล่าวถึงได้ในที่นี้ โดยทั่วไปแล้ว การจัดการเรียนการสอนทดลองนิยมใช้วิธีการตามปรัชญาอันแรก คือ ความรู้เกิดขึ้นก่อนการปฏิบัติ ได้มีการปฏิบัติกันอย่างแพร่หลาย จึงเรียกการสอนทดลองแบบนี้ว่า Traditional Laboratory ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทฤษฎี สำหรับการสอนในห้องเรียนส่วนหนึ่ง และข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับทฤษฎีใช้สำหรับการสอนทดลองอีกส่วนหนึ่ง

รูปแบบของการสอนทดลองมีการแบ่งประเภทแตกต่างกัน ตามวิธีการทดลองและตามวิธีการสอน แต่ละประเภทยัง มีเอกลักษณ์ของตัวเอง มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันพอจำแนกออกได้เป็น 5 รูปแบบ คือ

1. การทดลองแบบปกติทั่วไป (Conventional Type)
2. การทดลองแบบค้นพบ (Discovery Type)
3. การทดลองแบบสืบสวน สอบสวน (Investigational Type)
4. การทดลองแบบแก้ปัญหา (Problem-solving Type)
5. การทดลองแบบโครงการ (Project Type)

การทดลองทั้ง 5 รูปแบบนี้ แบบ Conventional เท่านั้นที่เป็นการทดลองทั่วไป นอกนั้นเป็นการทดลองที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่าง มีความแตกต่างกันในประเด็นหลักที่วัตถุประสงค์ของการพัฒนาผู้เรียน วิธีดำเนินการทดลองมีความแตกต่างกันในประเด็นหลักที่วัตถุประสงค์ของการพัฒนาผู้เรียน วิธีดำเนินการทดลอง และการประเมินผล การทดลองแบบต่างๆ ที่กล่าวนี้ อาจจะใช้เนื้อหาที่ใกล้เคียงกัน แต่จะเน้นการศึกษาข้อมูลของเนื้อหาคนละแง่มุม ประเด็นสำคัญอยู่ที่ การกำหนดวิธีการดำเนินการให้ผู้เรียนปฏิบัติและวิธีการที่จะตรวจสอบพัฒนาการที่เกิดขึ้น ใบงานการทดลองแต่ละประเภทจึงอาจมีเนื้อหาและข้อมูลหลักที่คล้ายกัน แต่รายละเอียดภายในแต่ละข้อมูลหลักนั้นอาจมีความแตกต่างกันมาก ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

### 2.3.1 การทดลองแบบ Conventional Type

เป็นการทดลองที่ใช้กันเป็นส่วนมาก มีขั้นตอนการทดลอง เป็นไปตามขั้นตอนของการนำเสนอเนื้อหาวิชา (Linear Sequence) มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาทฤษฎีที่ลึกซึ้งขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

1. คุณลักษณะของการทดลอง เป็นการทดลองที่ให้ข้อมูลในการปฏิบัติงานของนักศึกษาอย่างสมบูรณ์ ตั้งแต่การบอกให้ทราบวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการทำงาน การติดตั้งอุปกรณ์กรรมวิธีในการใช้เครื่องมือ ขั้นตอนของการวัด และการสังเกต วิธีแสดงผลการวัด และวิธีการบันทึกข้อมูลตลอดจนการสรุปผลที่ได้ Lab ประเภทนี้มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้รู้จักการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลอง เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Theory Verification) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเกี่ยวกับกฎเกณฑ์หลักการ หรือทฤษฎีบทต่างๆ ตลอดจนการสร้างความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทดลองต่างๆ

2. ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการสร้างการทดลอง ในรูปแบบของ Conventional Type ได้แก่

2.1 เนื้อหาที่เป็นนามธรรม ต้องการสมมุติเหตุการณ์ หรือการสร้างจินตนาการที่มีความซับซ้อน ยากต่อความเข้าใจ เล่น ปรากฏการณ์ภายในของ Semiconductor กระบวนการเก็บประจุหรือกระบวนการคลายประจุของ Capacitor ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นใน Inductor เป็นต้น

2.2 เป็นเรื่องที่ต้องการแนะนำให้รู้จัก ระบบแบบแผนกระบวนการทำงานอุตสาหกรรม มาตรฐานของอุปกรณ์ และมาตรฐานของผลผลิตงานอุตสาหกรรม

2.3 เป็นการศึกษาเกี่ยวกับพิกัดมาตรฐาน อัตราเสี่ยงต่อการเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

3. ข้อดีและข้อจำกัดของการทดลอง ประเภท Conventional Type การทดลองประเภทนี้สร้างง่ายใช้ง่าย ซึ่งก็มีข้อดีข้อจำกัดบางประการคือ

#### ก. ข้อดี

1. การทดลองแบบ Conventional ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานที่ชัดเจน จะช่วยผู้ที่เรียนอ่อนในการทำ Lab ประเภทนี้ได้มาก

2. สามารถใช้การทดลองประเภทนี้แทนการสอนในชั้นเรียนได้ค่อนข้างมาก

3. ช่วยพัฒนาความสามารถในการทำงานตามแผนหรือตามระบบได้ดี

4. ง่ายต่อการวัดและประเมินผลการเรียน

5. ง่ายต่อการควบคุมการปฏิบัติ และการใช้วัสดุอุปกรณ์ของนักศึกษา

#### ข. ข้อเสีย

1. มีขีดจำกัดในการพัฒนาความคิดริเริ่มของนักศึกษา

2. ผู้เรียนขาดอิสระในการทำงานตามความนึกคิดของตัวเอง

3. มีขีดจำกัดสำหรับผู้เรียนในการสรุปผลสัมฤทธิ์ของการทดลอง

4. อาจขาดแรงจูงใจ หรือขาดข้อมูลที่เป็นปัญหาท้าทายสำหรับนักเรียนที่เก่ง

### 2.3.2 การทดลองประเภท Discovery Type

การทดลองแบบ Discovery นั้น เป็นการทดลองที่ออกแบบให้ผู้เรียนค้นหาข้อมูลบางอย่างด้วยตนเอง โดยที่ข้อมูลเหล่านั้นอาจจะเป็นคำตอบ เป็นวิธีการดำเนินงานเพื่อผลสัมฤทธิ์บางอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

#### 2.3.2.1 คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองประเภท Discovery นี้ มุ่งที่จะให้ผู้เรียนได้ศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง เพื่อกฎเกณฑ์เกี่ยวกับหลักการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ โดยอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุทำการทดลองตามขั้นตอนที่เหมาะสม

การจัดการทดลองประเภทนี้ อาศัยหลักการของ Discovery learning ตั้งแต่ Full discovery โดยผู้เรียนอาศัยความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ในการค้นคว้าจนถึง Guided Discovery ซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าภายใต้การควบคุมของครูอย่างใกล้ชิด

Structured Discovery จึงเป็นการทดลองประเภทกลางๆ ที่อาศัยการแนะนำของผู้สอนประกอบข้อแนะนำในใบงานทดลอง นำทางสำหรับการปฏิบัติข้อมูลที่ให้สำหรับการทดลองประเภทนี้แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ได้คือ

1. ข้อมูลสำหรับการเริ่มต้น
2. ข้อมูลที่ทำให้ นักศึกษาคิดหาคำตอบเอง ในระหว่างการทดลองศึกษาปฏิบัติในขั้นสูงขึ้นไปอีก

ไปอีก

### 2.3.2.2 ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

โดยเหตุที่วัตถุประสงค์ของการทดลองประเภทนี้ ต้องการส่งเสริมความรู้ทางทฤษฎีในเรื่องเกี่ยวกับ Facts Concept, Principle เพราะฉะนั้นเนื้อหาที่ใช้ในการทำการทดลองประเภทนี้ จึงควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. เป็นเรื่องเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ที่สำคัญ แต่ไม่ควรเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเกินไป
2. เป็นเรื่องที่ต้องอาศัยการประยุกต์ กฎเกณฑ์ค่อนข้างมาก
3. เป็นเรื่องที่มีความแตกต่าง ระหว่างผลลัพธ์ทางปฏิบัติและผลลัพธ์ทางภาคทฤษฎี
4. เป็นเรื่องที่สามารถพัฒนาความคิดได้

ข้อดีและข้อจำกัดของการทดลองประเภท Discovery

ก. ข้อดี

1. ช่วยพัฒนาความสามารถในการค้นคว้าของผู้เรียน (Attitude of Enquiry) ในขอบเขตที่กำหนด
2. ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในหลักการทฤษฎีได้ลึกซึ้งขึ้น
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้เดิมออกมาใช้ในการค้นหาข้อเท็จจริง
4. เป็นการสร้างแรงจูงใจ (Reinforcement) สำหรับผู้ที่มีความรู้ดี
5. พัฒนาความสามารถในการทำงานตามระบบที่กำหนด

ข. ข้อจำกัด

1. ยากในการควบคุมการทำงานของนักเรียน โดยเฉพาะบทบาทของครูในด้านการให้คำแนะนำ (Guidance Role)
2. ค่อนข้างมีปัญหาในการออกแบบที่เหมาะสมกับความรู้ของผู้เรียน

3. อาจมีปัญหาในการจำกัดขอบเขตความคิดของผู้เรียน โดยเฉพาะนักเรียนที่เก่ง ซึ่งต้องถูกบังคับให้ทำตามรูปแบบ

4. อาจมีปัญหาในการจัดกลุ่มผู้เรียนให้เหมาะสม โดยเฉพาะกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน

### 2.3.3 การทดลองแบบ Investigational Type

การทดลองแบบ Investigation นี้ เป็นการทดลองที่ออกแบบเพื่อพัฒนาความสามารถในการสืบสวนสืบสวนเรื่องราวต่างๆ ความสามารถนี้เป็นความสามารถที่จำเป็นของช่างอุตสาหกรรม ที่ต้องมีการสืบสวน การเกิดปัญหาต่างๆ ที่ทำให้เกิดการชำรุด หรือการ Bread Down ของอุปกรณ์ การทดลองดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

#### 2.3.3.1 คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองประเภทนี้ มุ่งที่จะพัฒนาความสามารถของการใช้เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ ในการทดลองเพื่อหา ข้อมูลพิสูจน์ข้อสงสัย หรือพิสูจน์สมมุติฐานที่ตั้งไว้โดยปกติการทดลองประเภทนี้จะไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานอย่างสมบูรณ์ จะละทิ้งข้อมูลบางอย่างเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและวางแผนดำเนินการด้วยตนเอง ในกรณีที่การสืบสวนนั้นลึกลับมากเกินไปผู้เรียนจะค้นหาข้อมูลได้ ใบงานการทดลองก็จะให้ข้อมูลบางอย่างซึ่งอาจจะเป็นส่วนประกอบของปัญหา และคำแนะนำในการดำเนินงานต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการสืบสวนข้อเท็จจริงต่อไป

#### 2.3.3.2 เนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

การทดลองประเภทนี้ ไม่ได้เน้นเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะมุ่งพัฒนากระบวนการและความสามารถในการสืบสวนหาข้อมูลโดยอาศัยความรู้ในเนื้อหาต่างๆมาพิจารณาประกอบการทดลองหาข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหา เนื้อหาที่น่าจะนำมาใช้สร้างการทดลอง ควรมีดังนี้ คือ

1. เป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับการหาคุณสมบัติของอุปกรณ์เครื่องมือภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ
2. เป็นเรื่องที่ต้องการศึกษาเหตุผลของการเกิดสภาวะผิดปกติ (fault) หรือการ Break down ของเครื่องมืออุปกรณ์
3. เป็นเรื่องของการตรวจสอบค้นหาสิ่งที่ไม่ทราบค่า หรือไม่ทราบว่าเป็นอะไร (Identify Unknown Element) ทั้งนี้โดยการอาศัยพื้นฐานความรู้ที่มีอยู่วินิจฉัยผลที่ได้จากการทดลอง

ข้อดีและข้อจำกัดของการทดลองประเภท (Investigation)

#### ก. ข้อดี

1. เป็นวิธีการที่ช่วยกระตุ้นความสนใจ และพัฒนาความคิดริเริ่มให้กับผู้เรียน

2. พัฒนาความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง
  3. พัฒนาความสามารถในการ Set เครื่องมือและวงจรเพื่อการทดลอง ตลอดจนความสามารถในการใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ
  4. พัฒนาความสามารถในการหาข้อมูล ความสามารถในการแปลความหมายและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้ในการทดลอง
  5. พัฒนาความสามารถในการค้นหาสาเหตุ ของความคลาดเคลื่อน (Error) ที่เกิดจากการทดลอง ตลอดจนการแสวงหาวิธีการที่จะลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้น้อยที่สุด
- ข. ข้อจำกัด
1. ยากที่จะออกแบบการทดลอง โดยเฉพาะยากต่อการจัดเนื้อหาให้เหมาะสมกับการทำการทดลองประเภทนี้
  2. ยากที่จะควบคุมให้ผู้เรียนที่ไม่สนใจหรือผู้ที่มีความรู้ไม่ดีพอทำการทดลองประเภทนี้ตามวัตถุประสงค์ได้
  3. ใช้เวลาในการทดลองมาก อาจมีปัญหาในการจัดเครื่องมือและอุปกรณ์ให้กับผู้เรียน
  4. มีความยุ่งยากในการประเมินผล

### 2.3.4 การทดลองประเภท Problem-solving

การทดลองประเภทนี้ เป็นการฝึกหัดให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยกิจกรรมการทดลองเป็นเครื่องมือในการพัฒนา ปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับการทดลองประเภทนี้ มักจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน (Working Operation) ของอุปกรณ์

#### 2.3.4.1 คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองประเภทนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการพัฒนาระบบการแก้ปัญหาให้กับตัวเอง ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ คือ

1. กระบวนการของการวิเคราะห์ปัญหา
2. กรรมวิธีในการตั้งสมมุติฐานสำหรับปัญหาที่พบ
3. การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่างๆ (Alternatives)
4. ขบวนการหาข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา
5. การสรุปปัญหา, วิธีการแก้ไขปัญหา และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา

ข้อมูลสำหรับการทดลองประเภทนี้ จะมีการกำหนดชื่อปัญหาให้โดยมีรายละเอียดของปัญหาที่พอเหมาะ คือ ไม่มากเกินไปจนเป็นการปิดโอกาสที่ผู้เรียนจะคิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง และไม่น้อยเกินไปจนผู้เรียนขาดแนวทางที่จะปฏิบัติได้ต่อจากปัญหาและองค์ประกอบของปัญหาที่ควรจะ

เป็นข้อมูลที่ช่วยในการวางแผนแก้ปัญหา โดยให้ผู้เรียนพยายามสร้างระบบการแก้ปัญหาหลายๆ วิธี และพยายามคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมอย่างมีระบบ

#### 2.3.4.2 ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

1. เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการหาจุดบกพร่องของวงจรหรืออุปกรณ์
2. เป็นเรื่องเกี่ยวกับปัญหาของวิธีการวัดหรือการตรวจสอบคุณภาพของวงจรอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความซับซ้อน
3. เป็นเรื่องของการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่
4. เป็นเรื่องเกี่ยวกับการค้นหาวิธีที่ดีที่สุด สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของงานหรือของอุปกรณ์
5. เป็นปัญหาที่มีการแก้ได้หลายวิธี

ข้อดีและข้อจำกัดของการทดลองประเภท Problem-solving

##### ก. ข้อดี

1. พัฒนาความสามารถในการออกแบบ, การวางแผนงานและการดำเนินงานแก้ปัญหาตามแผนที่ผู้เรียนได้กำหนดขึ้นเอง การทดลองจึงเป็นการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในระดับสูง
2. พัฒนาทักษะในการดำเนินการแก้ปัญหา
3. ส่งเสริมการทำงานร่วมกันในด้านความคิดและแรงงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น
4. เป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียนเมื่อแก้ปัญหาได้สำเร็จ
5. พัฒนาความสามารถในการเขียนรายงาน
6. สามารถหาข้อผิดพลาด, ข้อจำกัด ของการดำเนินงานได้

##### ข. ข้อจำกัด

1. ผู้เรียนที่ไม่สนใจจะประสบปัญหาในการทำการทดลองประเภทนี้
2. ผู้สอนจะต้องมีความสามารถแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ เมื่อพบผู้เรียนประสบปัญหาหรือเดินผิดทาง
3. จะต้องมีอุปกรณ์, เครื่องมือ และแหล่งข้อมูลที่เพียงพอ
4. ขาดต่อการควบคุมให้ผู้เรียนทำตามวัตถุประสงค์และขาดในการควบคุมระเบียบวินัย

#### 2.3.5 การทดลองแบบ Project Type

การทดลองประเภทนี้ เป็นการพัฒนาความสามารถเบ็ดเสร็จในการทำงานช่าง ตั้งแต่การวางแผนเริ่มงานครั้งแรก การจัดหาอุปกรณ์ การร่างแผนดำเนินงาน การร่วมมือในการทำงาน การปฏิบัติตาม

เงื่อนไขและวัตถุประสงค์ การตรวจสอบการเขียนรายงาน เป็นงานทดลองที่ออกแบบยากที่จะทำให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายที่สามารถตรวจสอบผลลัพธ์ได้ทั้งหมด การทดลองมีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.5.1 คุณลักษณะของการทดลอง

งานของการทดลองประเภทนี้ มีลักษณะเปิดกว้าง (Open Ended Task) ในรูปแบบของสถานการณ์จำลอง ที่ต้องให้ผู้เรียนสร้างงานตามองค์ประกอบของความกว้างของเนื้อหา และขอบเขตของเวลาที่จำกัด ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้เรียนแต่ละองค์ประกอบภายในยังเป็นงานที่มีขั้นตอนย่อยที่อยู่ในรูปแบบของ Laboratory รูปแบบต่างๆหลายรูปแบบ ตั้งแต่ Discovery จนถึง Problem Solving การทดลองชนิดนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ประสบการณ์หลายด้านกับผู้เรียน ตั้งแต่การเสาะแสวงหาข้อมูลในลักษณะของการศึกษาและสำรวจสถานะของงานที่จะออกแบบวงจร และการทดลองเบื้องต้นในรูปแบบต่างๆแล้วนำผลลัพธ์ของการทดลองนั้นมาประยุกต์รวมกัน เป็นผลงานรวมที่มีความหมายในตัวเอง การทำ Laboratory Project ลักษณะนี้มีวิธีการดำเนินงานหลายรูปแบบ ตั้งแต่การสร้างคัดแปลงแก้ไขโดยอาศัยเครื่องมือ และเครื่องอำนวยความสะดวกที่มีอยู่จาก Workshop และ Laboratory จนถึงงานแก้ปัญหาระดับสูง Laboratory Project นี้ต่างกับงานการเรียนรู้ภาคประยุกต์ (Application) หรือ Research Project ตรงที่ว่า Laboratory Project นั้น มีขอบเขตของงานที่เลือกมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชาต่างๆ (Cross Disciplines) ที่แคบกว่า การทำรายงานของ Project ใหญ่ การทดลองในรูปแบบของ Project ลักษณะนี้ก็ไม่ต้องใช้วิธีการเต็มรูปแบบเหมือน Project ใหญ่ อย่างไรก็ตาม การทดลองแบบ Project นี้ ก็เป็นงานพื้นฐาน นำไปสู่งาน Project ที่ใหญ่ขึ้น

### 2.3.5.2 เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

เนื่องจากการทดลองประเภทนี้ เป็นการทดลองที่กว้าง จึงยากที่จะจำกัดลักษณะของเนื้อหาได้อย่างชัดเจน เท่าที่สำรวจพบ พอมีหลักเกณฑ์พอสรุปได้ คือ

1. เป็นเนื้อหาที่ประกอบด้วย Principle และ Concept หลายรูปแบบรวมกัน
2. Principle และ Concept เหล่านั้น มีความสัมพันธ์กันใกล้ชิด พอที่จะมีผลลัพธ์ในงานได้
3. ลักษณะของการทำงานต้องอาศัย Skill หลายด้าน ทั้ง Manual และ Cognitive Skill
4. เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายศาสตร์ด้วยกัน แต่ไม่ควรจะกว้างเกินไปนัก

(Narrow Cross Disciplines)

ข้อดีและข้อจำกัดของการทดลองประเภท Project

#### ก. ข้อดี

1. เป็นการพัฒนาทักษะของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำงานโดยเสรี และพัฒนาความสามารถในการเขียนรายงานจากขั้นตอนการทำงาน
  3. ผู้เรียนจะทราบปัญหา และแก้ปัญหาต่างๆ ในการทำงานด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ลึกซึ้ง
  4. เป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ และความมั่นใจในตนเอง
  5. เป็นการพัฒนาความสามารถได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับต่ำสุดจนสูงสุด
- ข. ข้อจำกัด
1. ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความสามารถ ในเรื่องที่ทำเป็นอย่างดี มิฉะนั้นจะเกิดปัญหามาก
  2. ผู้สอนจะต้องให้ความช่วยเหลือผู้เรียนอ่อน ก่อนข้างมาก
  3. การประเมินผลทำได้ยาก ผู้สอนต้องมีความใกล้ชิดกับผู้เรียนเพียงพอ
  4. ต้องการแหล่งข้อมูลมาก ซึ่งยากต่อการจัดหา
  5. ยากต่อการออกแบบ Laboratory ให้ทำโดยไม่ซ้ำกัน

โดยสรุปจะเห็นได้ว่าการศึกษจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติยังมีพื้นฐานบนหลักปรัชญาที่คล้ายกัน ในการสอนภาคทฤษฎีมีหลักปรัชญาที่ยึดถือแตกต่างกันอยู่สองด้านคือ Expository Approach และ Experiential Approach ทั้งสองอย่างนี้อาจจะเรียกตามลักษณะของการควบคุมได้เป็น Teacher และ Student Centered ก็ได้ในการสอน Laboratory ก็เช่นกัน หลักปรัชญาที่ยึดถือแตกต่างกัน 2 ด้าน ก็คือ Subject Based Approach และ Unified Approach ซึ่งภายในสายทางระหว่าง 2 ด้านนี้ ก็สามารถแบ่งแยกเป็น Lab 5 ประเภท

เท่าที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนการทดลอง ทั้ง 5 รูปแบบนี้ มีความแตกต่างกันในด้านของจุดมุ่งหมายทางการศึกษา กระบวนการปฏิบัติงานของผู้เรียนและลักษณะการควบคุมดูแลของผู้สอน องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ ทั้งผู้เรียนและผู้สอนควรตระหนักและดำเนินงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ สิ่งที่ผู้สอนควรคำนึงให้มากที่สุดก็คือการสอนการทดลองนั้น กระบวนการทดลอง (Process) มีความสำคัญไม่น้อยกว่าผลลัพธ์ (Product) ซึ่งบางครั้งอาจจะสำคัญมากกว่าด้วยซ้ำ จะเป็นกรณีวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนการทดลองอย่างมาก ถ้าผู้สอนเพียงแต่แจกใบงานการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนปฏิบัติงานเอง และตัดสินความสำเร็จของผู้เรียนจากผลงานหรือรายงานที่นำมาส่งเท่านั้น โดยไม่พิจารณากระบวนการและสิ่งอื่นเลย ซึ่งจากคุณสมบัติของการทดลองแต่ละประเภทที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าภายในขั้นตอนของการดำเนินงานยังมีความรู้ความสามารถ ทักษะและผลสัมฤทธิ์อื่นแฝงอยู่อีกมาก สิ่งเหล่านั้นควรได้รับการพัฒนาและประเมินผลอย่างถูกต้อง การละเลยในสิ่งดังกล่าวมาจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้คุ้มค่าต่อการลงทุน

## 2.4 กิจกรรมที่ใช้งานทดลอง (Lab-Activities)

กิจกรรมการทดลองเป็นการผสมผสาน (Integration) ความรู้ความสามารถระหว่างเนื้อหาวิชาช่างอุตสาหกรรม กับการดำเนินงานปฏิบัติ เพื่อให้เกิดพฤติกรรมเนื้อหาวิชา อันเป็นความสามารถตามวัตถุประสงค์ เพราะฉะนั้นการออกแบบการทดลองในแต่ละใบงาน จึงต้องใช้ความละเอียดรอบคอบในการพิจารณา มิฉะนั้น การเรียนการทดลองจะเป็นเพียงการลงมือทำงานอย่างหนึ่ง ซึ่งไม่สามารถพัฒนาคนได้ตามต้องการธรรมชาติการเรียนการสอนแบบทดลองนั้น จะให้ประสบการณ์หลายด้านต่อผู้เรียน ทั้งนี้ก็เพราะการทดลองแต่ละครั้งนั้น ประกอบด้วยกิจกรรมหลายอย่าง ซึ่งผู้สอนควรจะหาวิธีการผลักดันให้ผู้เรียน ได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่ จากกิจกรรมที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด กิจกรรมที่ใช้ในการทดลองโดยทั่วไปประกอบด้วย

### 2.4.1 การวางแผนการทดลอง (Experimental Planning)

เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องคิดและปฏิบัติก่อนการทดลอง ในการกำหนดวงจรที่ใช้ในการทดลอง รายการเครื่องมืออุปกรณ์ วัสดุ และการกำหนดขั้นตอนการทำงาน ตั้งแต่ต้นจนกระทั่งได้รับผลที่ต้องการ กิจกรรมลักษณะนี้เป็นการฝึกฝนให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความคิด ได้มีโอกาสทบทวนพื้นความรู้ในหลักการต่างๆมาประกอบการพิจารณา ซึ่งเป็นการฝึกให้นักศึกษารู้จักคิดก่อนทำ

การวางแผนเป็นกิจกรรม ที่สำคัญไม่เพียงแต่งานช่างอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตด้วย การวางแผนที่ดีจะช่วยลดปัญหาอุปสรรคได้ และจะนำผู้ปฏิบัติไปสู่ความสำเร็จก้าวหน้า การวางแผนมี 3 ระดับ คือ

1. การวางแผนระดับเบื้องต้น
2. การวางแผนระดับกลาง
3. การวางแผนระดับสูง

การวางแผนการทดลอง มักจะถูกละเอียดในการฝึกหัดในการเรียนการทดลองระดับเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยการวางแผนการเก็บข้อมูล ขั้นตอนการวัด การกำหนดงานและผู้ร่วมงาน เป็นต้น การวางแผนอาจถูกนำมาใช้บ้างในระดับสูง และส่วนมากก็ไม่สู้จะเน้นรายละเอียดมากนัก เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอรายงาน ซึ่งมักจะเป็นการคิดที่สายเกินไป ทำให้ผู้สำเร็จการศึกษาหลายคน ขาดความสามารถในการวางแผนไปอย่างน่าเสียดาย

การทดลองทุกประเภท มีรายการการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ วงจร และขั้นตอนของการทำงานด้วยวิธีการเฉพาะ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ที่คุ้นเคยกับการวางแผนได้มาก กิจกรรมนี้จะ

ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝน ทบทวนพื้นฐานความรู้ในหลักการต่างๆมาประกอบการพิจารณา ซึ่งจะช่วยให้มีจินตนาการในการคิดก่อนทำได้มาก การวางแผนทั้งสามหลักระดับนี้ มีโอกาสที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนทดลองได้มาก ควรที่ผู้ออกแบบการทดลองจะผนวกเรื่องนี้เข้าไปในบทเรียน

#### 2.4.2 การวัดและการสังเกตข้อมูล (Data Observation and Data Collection)

เป็นกิจกรรมที่ปฏิบัติในขณะที่ทำการทดลอง จะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัสและเข้าใจปรากฏการณ์ของศาสตร์ และขบวนการของการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ ที่เกี่ยวข้องกับงาน นอกจากนั้นยังเป็นการพัฒนาความสามารถในการสังเกต จดจำ และการเลือกรับรู้ในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่องานเป็นกิจกรรมที่มีการปฏิบัติตลอดการทดลอง ทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาส สัมผัสกับปรากฏการณ์ของศาสตร์ ได้เรียนรู้และเข้าใจเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ การวัดเพื่อหาข้อมูลที่เป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนของขบวนการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ ที่เกี่ยวข้องกับงาน โดยที่ข้อมูลจากการวัด เป็นผลของปรากฏการณ์ ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความคิดในการแปลความหมายอยู่ตลอดเวลา

ข้อมูลที่ต้องการนั้น เป็นข้อมูลที่คัดเลือก จากการสังเกตและตัดสินใจรับข้อมูลนั้นเป็นเครื่องพิจารณาความเป็นไปของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ความสามารถในการสังเกต ปรากฏการณ์ที่เห็นหรือสัมผัส และการตัดสินใจคัดเลือก เป็นกระบวนการของความคิดที่มีค่า สมควรที่จะฝึกฝนอย่างถูกวิธี ความสามารถที่ได้จากการวัด

- ลักษณะและคุณสมบัติของวงจรที่วัด
- ประเภทและคุณสมบัติของ Power Source
- อิทธิพลของวงจร (Effect of Circuitry) ที่มีต่อการวัดและกำลังงานความสามารถที่ได้จากการสังเกต
- Scale ที่อ่าน
- ค่าที่อ่านได้จาก Scale
- การพิจารณาค่าที่เหมาะสม (Ignore Value and Selected Value)ความสามารถที่เกิดจากการสังเกต
- ความเร็วในการสังเกต
- ความสามารถแยกแยะในการสังเกต

#### 2.4.3 การใช้เครื่องมือ (Instrument Handling)

การใช้เครื่องมือเป็นกิจกรรมที่ให้โอกาสผู้เรียนในการทำความรู้จักกับเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้อย่างใกล้ชิด ในลักษณะของรูปร่าง การทำงานและคุณสมบัติที่สำคัญ ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการทำงาน คุณค่าของอุปกรณ์เครื่องมือ ซึ่งจะเป็นการช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดตั้ง

เครื่องมือ สามารถใช้เครื่องมือทำงาน รู้จักคุณสมบัติที่สำคัญ ชัดจำกัด ข้อดีและข้อเสียต่างๆของเครื่องมือ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียน ได้เห็นคุณค่าของอุปกรณ์ เครื่องมือ นอกจากนั้นยังเป็นการสร้างจินตนาการที่ดีในการทำงาน พัฒนาความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับงานการกะประมาณค่าของสิ่งต่างๆรอบตัว อันจะนำไปสู่พัฒนาการความสามารถในการแก้ไขตัดแปลงสิ่งต่างๆ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เครื่องมือจะช่วยพัฒนาความสามารถหลายอย่าง เช่น

1. การรู้จักรูปร่างและลักษณะ
2. หลักการของเครื่องมือ
3. การติดตั้งใช้งาน
4. การปรับแต่ง (Calibration and Adjustment)
5. การอ่านและการประมาณค่า
6. การบำรุงรักษา
7. การรู้จักโลกทัศน์ของเครื่องมือ

โดยสรุป กิจกรรมการใช้เครื่องมือในการทดลอง จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์ให้เหมาะสมกับงาน และมีความสามารถในการแก้ไขตัดแปลงสิ่งต่างๆให้ทำงานได้อย่างประหยัดมีประสิทธิภาพ ประโยชน์ที่ควรได้รับจากการใช้เครื่องมือ มีดังต่อไปนี้  
 ความรอบรู้ในเรื่องเครื่องมือต่างๆ (Instrument, Tool, Equipment, Apparatus and Appliances)

1. ลักษณะรูปร่าง (Structure)
2. การทำงาน (Working Operation)
3. วงจรภายในและวงจรภายนอก (Input and Output Circuit)
4. ความเหมาะสมและขีดจำกัดของการใช้
5. กรรมวิธีในการใช้งาน
6. การเลือกใช้
7. กรรมวิธีในการจัดหา
8. การระวางและการเก็บรักษา

#### 2.4.4 การบันทึกข้อมูล

ในการทดลองนั้น จะเกิดปรากฏการณ์ต่างๆมาก ทั้งที่ได้คาดหวังและไม่ได้คาดหวังมาก่อน ผู้เรียนที่ได้รับประสบการณ์เหล่านี้เพียงพอ จะพัฒนาความสามารถในการเลือก ระบุในสิ่งที่เป็นประโยชน์ สามารถเก็บข้อมูลต่างๆที่จำเป็น เพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผลลัพท์ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ในชีวิตประจำวันนั้นมักมีปัญหาลักษณะ ในเรื่องของการเก็บข้อมูลที่ไร้ค่าไม่สามารถ

นำไปสรุปผลที่เป็นประโยชน์ต่องานได้ เพราะฉะนั้น การฝึกหัดการบันทึกข้อมูลจากการทดลอง นอกจากจะได้รับผลในด้านวิชาการแล้ว ยังเป็นการฝึกนิสัยในการเลือกข้อมูลที่จำเป็นอีกด้วย ข้อสังเกตในการบันทึกข้อมูล

- กรรมวิธีการเลือกย่านการวัดที่เหมาะสม
- การคัดเลือกข้อมูลที่จะวัด
- การจดบันทึกค่าที่เหมาะสมในการแปลความหมาย
- การวางรูปแบบการบันทึกข้อมูล
- กรรมวิธีในการแสดงข้อมูลเพื่อวินิจฉัยและตัดสินใจ

#### 2.4.5 การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด

ข้อผิดพลาดมักจะเกิดขึ้นเสมอ ทั้งในลักษณะที่คาดว่าจะเกิดและลักษณะที่คาดไม่ถึง ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้และพัฒนาความสามารถในการแก้ไขเหตุการณ์เพื่อให้การทดลองดำเนินต่อไปได้ ประสบการณ์ที่ได้จากงานนี้ เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาอย่างหนึ่ง นอกจากนั้น ยังเป็นการทบทวนหลักการทางทฤษฎีต่างๆ ที่นำมาแก้ไขสถานการณ์ อันเป็นการสร้างเสริมพื้นฐานทางทฤษฎีอีกทางหนึ่งด้วย

- การตรวจสอบหาแหล่งผิดพลาดด้วยเครื่องมือวัด
- การเลือกเก็บข้อมูล
- การฟอร์มปัญหาจากข้อมูลที่วัดได้
- การตั้งสมมุติฐาน
- การหาข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมุติฐาน
- การสรุปผลการแก้ปัญหา

#### 2.4.6 ขบวนการดำเนินงาน

เป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ขบวนการของงานอุตสาหกรรม และเป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการทำงานตามกฎเกณฑ์หรือตามขั้นตอนที่กำหนด แม้เรื่องนี้จะไม่ใช่จุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการทดลองก็ตาม แต่ก็เป็นสิ่งที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้ ผู้สอนบางท่านมุ่งเน้นในด้านผลลัพธ์มากเกินไป มักลัดขั้นตอนการทดลองเพื่อความรวดเร็ว จึงทำให้ผู้เรียนขาดการเรียนรู้ในด้านนี้ การฝึกให้ผู้เรียนรู้จักที่จะปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่กำหนดให้ นั้นเป็นวัตถุประสงค์อย่างหนึ่งของงานอุตสาหกรรมและยังช่วยให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับการปฏิบัติตามแบบแผนของสังคมได้

การพัฒนาทักษะต่างๆ ที่จำเป็นในการทำงาน

การพัฒนาทักษะในการเริ่มงาน

- การกำหนด Operation ของการทำงาน

- การกำหนด Task and Sub-Task

การดำเนินงานที่ต่อเนื่องกัน

การทำงานตามขั้นตอน

การสรุปงาน

#### 2.4.7 การทำงานเป็นกลุ่ม

การศึกษาทดลองมักจะทำงานกันเป็นกลุ่ม เป้าหมายของกิจกรรมนี้ไม่อยู่ที่การให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ของการทดลองอย่างเดียวแต่อยู่ที่การฝึกให้ผู้เรียนรู้จักหน้าที่ตามบทบาทของการร่วมมือกัน ทั้งในลักษณะผู้นำและผู้ตาม ในการประสานงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด กิจกรรมนี้เป็นสิ่งที่มีมักจะถูกมองข้ามอยู่เสมอ และเป็นผลให้เกิดผลลบ สำหรับการเรียนการสอนแบบทดลองเป็นอย่างมากการทำงานเป็นทีม

- การแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ

- การปรึกษาภายในกลุ่ม

- การเป็นหัวหน้าทีม

- การเป็นผู้ร่วมงาน

- การประสานงาน

- เทคนิคของการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน

#### 2.4.8 การเสนอรายงาน

เป็นการฝึกให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการติดต่อสื่อสารในสังคมได้ ด้วยการแสดงให้ผู้อื่นทราบผลของการดำเนินงานของตนให้เป็นที่เข้าใจของผู้อื่นอย่างมีระบบและมีลักษณะเป็นวิชาการทั้งในรูปแบบของวาจาและลายลักษณ์อักษร การเรียนการสอนแบบทดลองนี้มีรูปแบบของรายงานที่ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝนอย่างถูกต้อง แต่ก็ยังมีผู้สอนหลายคนไม่เห็นความสำคัญกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเสนอรายงาน

1. การเก็บข้อมูลสำหรับการรายงานในขณะที่ดำเนินการ

2. เทคนิคการเขียนขั้นตอนดำเนินงาน

3. การเขียนรายงานเกี่ยวกับผลที่ได้รับ

4. การแสดงเปรียบเทียบ
  - เปรียบเทียบขั้นตอนการทำงาน
  - เปรียบเทียบผลลัพธ์
5. การสรุปและการอ้างอิง
6. การใช้ภาษา
7. รูปแบบของรายงาน

#### 2.4.9 การประเมินผลการทดลอง

เป็นกิจกรรมที่ให้ประโยชน์ทั้งผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนนั้นจะต้องทบทวนการกระทำของตนเองว่าการดำเนินงานทั้งหมดนั้นได้รับอะไรบ้าง ผลลัพธ์ที่ปรากฏมีความน่าเชื่อถือเพียงไร ผู้สอนเองก็ต้องประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ครอบคลุม และให้คุ้มกับการลงทุน

การกำหนดผลที่คาดว่าจะได้รับ

การประเมินผลงาน

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์
- ค่าใช้จ่ายในการเรียนการสอน

การประเมินผลที่ได้รับ

การลงทุน

การสำรวจผลเสียและข้อผิดพลาด

เท่าที่ได้กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนแบบทดลองนั้นมีธรรมชาติของการดำเนินงานที่ให้ประโยชน์ต่อวงการศึกษาวิชาชีพอย่างมาก ที่น่าจะได้มีการศึกษาค้นคว้าให้มากกว่า ที่เป็นอยู่การจัดการเรียนการสอนแบบทดลองนี้ ไม่ควรจะเป็นเพียงผลพลอยได้จากการเรียนทฤษฎี แต่ควรเป็นกิจกรรมหลักของงานวิศวกรรม ซึ่งมีเป้าหมายในการผลิต ซ่อม สร้าง แก้ไข คัดแปลง และการออกแบบชิ้นงานให้กับสังคม ผลลัพธ์ที่ได้จากศาสตร์นี้ไม่ได้อยู่ที่ความรู้ในข้อมูลเพียงอย่างเดียวแต่ผู้รู้ควรจะสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นลงไปสู่งานปฏิบัติได้ตามคำขวัญที่ว่า “The great end of Learning is not merely Knowledge but Action” ซึ่งให้ความหมายว่า “จะรู้เลิศอย่างไรก็ไม่มีความหมาย ถ้าทำไม่ได้”

การจัดการเรียนการสอนแบบทดลองนี้ จะประสานความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติงานช่างและความสามารถทางสังคมเข้าด้วยกัน ซึ่งต้องอาศัยทั้งศาสตร์และศิลป์ในการดำเนินงาน การจัดการเรียนการสอนแบบทดลองนี้ ไม่ใช่เรื่องยาก แต่ก็ไม่ง่ายนักที่จะทำได้สำเร็จตามจุดมุ่งหมาย ถ้าหากผู้ดำเนินการขาดความรู้ ความประณีต ความรอบคอบ และการเอาใจใส่ ในการดำเนินงาน อย่างไม่

ตามคงจะไม่มีวิธีการอื่นมากนัก ที่จะช่วยให้การศึกษาวิศวกรรมศาสตร์เจริญงอกงามได้เท่ากับการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบทดลอง (Laboratory Instruction) ให้สมบูรณ์

กาญจนา เกียรติประวัติ [4] ได้สรุปขั้นตอนการทดลองไว้ดังนี้

1. ขั้นปฐมนิเทศสร้างความสนใจ (Orientation and Motivation) ในข้อนี้เป็นการพิจารณาธรรมชาติของงานจุดมุ่งหมายและการวางแผน ความเข้าใจแจ่มแจ้งในสิ่งที่ทำจะช่วยให้ผู้เรียนต้องเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์
2. ขั้นปฏิบัติการ (Work Period) ผู้เรียนทุกคนอาจทำงานปัญหาเดียวกัน หรือคนละปัญหาก็ได้ในช่วงนี้จะเป็นการทำงานภายใต้การนิเทศ ความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการจัดมอบหมายหรือเวลาในการทำงานให้
3. ขั้นสรุปกิจกรรม (Culminating Activities) อาจใช้ในการอภิปราย การรายงานการจัดนิทรรศการผลงานอภิปรายและอธิบาย เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ หรือการค้นพบของผู้เรียน

## 2.5 ใบงานการทดลอง (Laboratory Sheet)

### 2.5.1 ความหมายของใบงานการทดลอง (Laboratory Sheet)

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู [8] ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงาน หรือเป็นคำแนะนำผู้เรียนให้สามารถดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ใบการทดลองนั้น ไม่มีขนาดและขอบเขตเนื้อหาที่จำกัดแน่นอน ใบงานหนึ่งอาจจะมีขนาดเล็กที่มีความยาวไม่ถึงหน้ากระดาษหรืออาจจะเป็นใบงานขนาดใหญ่ที่มีความยาวมากกว่า 10 หน้าขึ้นไปก็มีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสาระเนื้อหาที่ใช้ทดลอง พฤติกรรมที่ต้องการพัฒนา และข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนในการปฏิบัติงานทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในงานทดลองนั้นมีหลายลักษณะตั้งแต่ข้อมูลที่มีอยู่ในลักษณะที่เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงานโดยตรง ข้อมูลในลักษณะที่เป็นคำถามให้คิดเพื่อหาคำตอบเอง จนถึงข้อมูลในลักษณะของการบอกเล่าให้แง่คิดบางประการ การนำข้อมูลลักษณะต่างๆ เหล่านี้มาใช้ในใบงานขึ้นอยู่กับความลึกและความกว้างของเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งจะมีผลต่อความยาวของใบงาน ใบงานแบบ Conventional Types นั้นจะกำหนดขั้นตอนให้ผู้ปฏิบัติดำเนินงานตามคำสั่ง จึงมีรายละเอียดในการดำเนินงานมากกว่าใบงานประเภท Project Type หรือประเภทอื่น ที่ให้อิสระต่อผู้ปฏิบัติสามารถเลือกวิธีดำเนินงานได้เอง จะมีรายละเอียดของการดำเนินงานน้อยกว่ามาก แต่ข้อมูลเหล่านั้นจะต้องสั้นรัดกุม

และมีความหมายที่ชี้แนะทางในการดำเนินงานได้รูปแบบ (Format) ของใบงานการทดลอง อาจมี ปริมาณข้อมูลมากน้อยและมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันระหว่างหน่วยงานที่ใช้ สถาบันบางแห่งใช้ใบ งานที่มีรูปแบบอิสระเฉพาะเรื่องที่ทดลอง โดยอาศัยวิธีการให้ข้อมูลทั้งหมดกับนักเรียนไว้ที่เดียวกัน แต่ บางแห่งก็ใช้ใบงานที่เป็นคำสั่งปฏิบัติงานเฉพาะอย่าง รายละเอียดที่เหลือประกอบด้วยข้อมูลที่ เกี่ยวข้องกับหลักการทฤษฎี วัตถุประสงค์ของการทดลอง ตลอดจนวิธีการวัดและประเมินผลของการ ทดลองนั้น จะถูกจัดไว้ในคู่มือประกอบการทดลอง (Laboratory Manual)

ใบงานที่ใช้กันอยู่ในสถาบันการศึกษา จะมีทั้งใบงานประเภทที่ผู้สอนสร้างขึ้นมาใช้เองและประเภท ใบงานที่ผลิตโดยบริษัทผู้สร้างอุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยเฉพาะ หรือจากผู้ผลิตตำราเอกสารการ สอนเป็นอาชีพ (Commercial Publisher)

### 2.5.2 การใช้ใบงานการทดลอง (Laboratory Sheet) ในการศึกษา

ใบงานที่ใช้สำหรับการฝึกทดลองนั้นมีสถานภาพคล้ายๆ กับบันทึกการสอนที่ใช้ในชั้นเรียน (Lesson Plan) ต่างกันที่ว่า Lesson Plan นั้น เป็นเอกสารที่ตัวครูเป็นผู้ดำเนินการสอนให้เป็นไปตามลำดับ ขั้นตอนที่วางไว้ แต่ใบงานทดลองนั้น เป็นเอกสารที่ตัวผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติงานตามลำดับขั้นตอนที่ กำหนด อย่างไรก็ตามใบงานทดลองนั้น ไม่สามารถจะใช้แทนครูได้ตลอด การสอนทดลองนั้น นอกจากจะมีใบงานแล้ว ยังต้องอาศัยตัวครูเป็นผู้ดูแลอย่างทั่วถึง เพราะฉะนั้นปฏิสัมพันธ์ที่ใกล้ชิด (Active Interaction) ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนจึงยังคงเป็นกระการสำคัญ ที่จะทำให้การทดลองนั้น สำเร็จหรือล้มเหลวได้ ความแตกต่างของลักษณะรูปแบบของใบงานทดลองนั้นจะขึ้นอยู่กับ วัตถุประสงค์ของการพัฒนาพฤติกรรมผู้เรียน ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน (Entry behavior) และ ธรรมชาติของการทดลองแต่ละชนิด

วัตถุประสงค์ของการใช้ใบงานทดลองนั้น อาจจะสร้างขึ้นเพื่อสอน ให้รู้จักวิธีการทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือกระบวนการทำงานของงานอุตสาหกรรม (Operation and Process) อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะ ในบางครั้งผู้สอนอาจจะใช้ใบงาน เพื่อการขยายความรู้ในลักษณะของการพัฒนาความคิด รวบรวมและหลักการ (Concept and Principle Formation) ตามกระบวนการของ (Knowledge Constructed) ผู้สอนบางคนต้องการพัฒนาความสามารถของการแก้ปัญหา (Problem solving) โดย อาศัยการสอนการทดลองร่วมกับการเรียนภาคทฤษฎีก็ได้

### 2.5.3 องค์ประกอบภายในของใบงานทดลอง (Structure and Format of Laboratory Sheet)

ใบงานทดลองอาจมีรูปแบบแตกต่างกันไปตามแบบแผนของสถาบันแต่ละแห่ง โดยทั่วไปแล้ว รูปแบบของใบงานทดลองนี้มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ

1. แบบให้ข้อมูลในการดำเนินงานทดลองด้วย (Experimental Format)
2. แบบมอบหมายให้ทดลองตามคำสั่ง (Assignmental Format)
3. แบบโครงงานอิสระ (Project Format)

รูปแบบใบงานทดลองทั้ง 3 นี้ มีรายละเอียดซึ่งไม่สามารถที่จะกล่าวได้ในที่นี้ได้ แต่ไม่ว่ารูปแบบจะเป็นอย่างไร ใบงานควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการ อันประกอบด้วย

1. ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information)
2. ข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง (Background Information)
3. ข้อมูลในการดำเนินงาน (Procedural Information)
4. ข้อมูลสำหรับการจัดการข้อมูล (Conclusion Information)
5. ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Evaluating Information)

ข้อมูลทั้ง 5 ประการนี้ จะมีรายละเอียดมากน้อยต่างกันตามชนิดของการทดลอง ตามธรรมชาติของเนื้อหาวิชา และตามวัตถุประสงค์ของการวางแผนสร้างใบงานทดลอง

### 2.5.4 ข้อมูลนำการทดลอง (Introductory Information)

ข้อมูลนำการทดลอง หมายถึง ข้อมูลที่ชี้แจงให้ผู้เรียนได้ทราบเรื่องทั่วไปในการปฏิบัติงานของการทดลอง ข้อมูลเหล่านั้นได้แก่

**2.5.4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง (Laboratory Objectives)** เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลในใบงานที่ช่วยให้ผู้ทดลองมีแนวคิด เห็นความสำคัญและเห็นแนวทางในการทำงานทดลองได้ดีขึ้น วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในใบงาน ควรจะครอบคลุมความสามารถตามพิสัย (Domains) ที่ได้จากการทดลองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การทดลองแต่ละเรื่องนั้น ควรประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั่วไปตั้งแต่ 1-3 เรื่องและมีวัตถุประสงค์จำเพาะที่ซึ่งเป็นรายละเอียดเกาะกลุ่มสนับสนุนกันภายใต้วัตถุประสงค์นั้นๆ การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลองในใบงานนั้น เป็นเรื่องเกี่ยวกับพัฒนาการของผู้เรียน กว่าจะรู้และกำหนดได้ ผู้สร้างใบงานจะต้องศึกษาวิเคราะห์งานอย่างละเอียด เพราะฉะนั้นจึงควรเป็นงานขั้นสุดท้าย หลังจากออกแบบงานทดลอง และได้ทำการทดลอง เพื่อหารายละเอียดของ

ผลลัพธ์ที่เกิดจากการทดลองเรียบร้อยแล้ว การกำหนดวัตถุประสงค์ขึ้นมาก่อนนั้นตามที่ได้ปฏิบัติกันอยู่นั้น ยากที่จะให้วัตถุประสงค์ที่กำหนดครอบคลุมพฤติกรรมที่เกิดจากการทดลองได้ การกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ในใบงานจึงควรมีขึ้นตอนดังนี้

1. First Objective เป็นข้อมูลที่เป็นความตั้งใจของผู้ออกแบบการทดลอง เป็นการแสดงเจตนารมณ์ของผู้ออกแบบงาน ว่าต้องการหาค่า Parameter อะไร ด้วยวิธีการอย่างไร เพราะเหตุใดจึงต้องทำเช่นนั้น มีวิธีอื่นที่ดีกว่านี้หรือไม่

2. Second Objective เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาความรู้ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง เป็นรายละเอียดของพฤติกรรมที่ออกแบบงานทดลอง รวบรวมได้จากการวิเคราะห์งานในเรื่องของความรู้ ทักษะ ขั้นตอนการดำเนินงาน และปัญหาที่เกิดจากการทดลอง ข้อมูลระดับนี้ มีทั้งวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผู้เรียน และวัตถุประสงค์แฝงที่ควรจะรู้เฉพาะผู้สอน จะทราบข้อมูลเหล่านี้ได้ก็ต่อเมื่อได้มีการทดลองจริงแล้ว

3. Third Objective เป็นข้อมูลคัดเลือก จากพฤติกรรมที่ได้รวบรวมจากการวิเคราะห์งานในขั้นตอนที่ 2 เป็นข้อมูลในรูปของวัตถุประสงค์ ที่จะให้เป็นแนวคิดและข้อควรระวังของผู้ควบคุมการสอนทดลอง ทั้งนี้ก็เพราะความรู้ ทักษะ และความสามารถ บางอย่างเป็นเทคนิคเฉพาะผู้สอนการแจ้งให้ผู้เรียนทราบ จะทำให้ผู้เรียนระวังตัวมากเกินไป จนไม่สามารถพัฒนาพฤติกรรมความสามารถนั้นได้ วัตถุประสงค์ระดับนี้ควรกำหนดไว้ใน Lab Manual

4. Fourth Objective วัตถุประสงค์ของใบงาน เป็นวัตถุประสงค์ที่ได้กลั่นกรองแล้ว ที่จะแจ้งให้นักเรียนทราบเพื่อเป็นแรงจูงใจและเป็นแนวทางในการทำงาน

**2.5.4.2 ความจำเป็นของขอบเขตการทดลอง (Needs and Scope of the Experiment)** เป็นข้อมูลที่แสดงเหตุผล และประโยชน์ของการฝึกหัดทดลอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมองเห็นความสำคัญของงานที่กำลังปฏิบัติ และเกิดแรงจูงใจในการทำงาน นอกจากนั้นยังเป็นการบอกให้ทราบถึงปริมาณงาน และขอบเขตเนื้อหาที่จะต้องเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติเกิดความกระตือรือร้นเตรียมตัวได้ถูกต้อง

**2.5.4.3 การวางแผนงาน (Planning and Organizing)** การวางแผน คือ กระบวนการที่บุคคลหรือองค์กร ตัดสินใจล่วงหน้าเกี่ยวกับงานที่จะกระทำในอนาคต กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ที่มีกิจกรรมต่อเนื่องกัน โดยที่ขั้นตอนเหล่านั้น จะกระทำในเวลาที่แตกต่างกันเพื่อให้งานบรรลุเป้าหมายที่กำหนด ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนนั้นเป็นข้อมูลที่ให้แนวคิดสำหรับการดำเนินงานแก่ผู้เรียน เป็นข้อมูลที่ค่อนข้างจะถูกละเอียด ส่วนใหญ่แล้วจะไม่ได้กำหนดไว้ในใบงาน เพราะเป็นพฤติกรรมที่ตรวจสอบได้ยาก ความจริงแล้วการวางแผนเป็นเรื่องสำคัญของการทำงานและของการทำงานด้วย เป็นเรื่องที่ควรฝึกหัด ซึ่งควรมีการประยุกต์ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่เป็นแนวคิดในการวางแผน อาจจะเป็นการให้กำหนดวงจรที่จะทำการทดลองเองข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ปัญหา และการมองเห็นอุปสรรคที่มักจะเกิดขึ้นเสมอ การพัฒนาผู้เรียนการทดลองให้มีความสามารถในการวางแผน ได้นั้นเป็นประสิทธิภาพของการสอนทดลอง

การวางแผนนั้นมีระดับชั้นของการทำงาน ตั้งแต่ระดับผู้ทำงานและระดับผู้บริหารอยู่ 3 ระดับคือ

1. การวางแผนระดับสูง (Strategic Planning) หมายถึง การกำหนดทิศทางทั้งหมด โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่จะใช้ทั้งหมด สภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก ที่อยู่เหนือการควบคุมของหน่วยงานที่รับผิดชอบ ต้องใช้มโนภาพและความคิดอย่างรอบคอบ เพื่อดำเนินแผนงานวัตถุประสงค์ นโยบาย และวิธีการ และทางเลือกซึ่งจะมีผลไม่เพียงแต่ความสำคัญของงานเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อประสิทธิภาพของงานอีกด้วย

2. การวางแผนระดับกลาง (Project Planning) คือการที่ผู้วางแผนจะต้องวิเคราะห์งานในช่วงระยะเวลานั้น โดยกำหนดเป้าหมายของการทำงาน ลักษณะของเครื่องมืออุปกรณ์ที่จะต้องใช้เวลาในการทำงานจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของงาน

3. การวางแผนระดับต้น (Operational Planning) คือ การวางแผนดำเนินงานเฉพาะหน้าเมื่อกำลังเผชิญกับความรับผิดชอบที่จะต้องทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งให้สำเร็จ ความรับผิดชอบระดับนี้ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับหน้าที่ในการทำงานประจำ เช่น การดำเนินการทดลองที่มีเครื่องมืออุปกรณ์เรียบร้อย มีผู้ร่วมงานหลายคน จะเริ่มงานอย่างไร ในจะมีบทบาทอะไรบ้าง การวางแผนระดับนี้ผู้ปฏิบัติจะต้องพบอยู่เสมอ และต้องทำเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์จัดทำแผนปฏิบัติงาน ให้ได้วิธีการที่ดีที่สุด ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องก็เป็นเรื่องภายในของหน่วยงานที่สังกัด สามารถจัดระบบการควบคุมได้ในแต่ละระดับนั้น มีขั้นตอนที่ควรศึกษาปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. การตั้งสมมุติฐานในอนาคต
2. การกำหนดวัตถุประสงค์
3. การกำหนดวิธีการโดยสังเขป เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์
4. การกำหนดเป้าหมายการทำงานในแต่ละระยะ
5. การกำหนดแผนปฏิบัติ
6. การหาวิธีการ และการดำเนินงานตามแผน
7. การกำหนดวิธีตรวจสอบและประเมินผล

### 2.5.5 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information)

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง คือ ข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผนดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียน ได้มีโอกาสสำรวจและปรับปรุงตัวเองในสิ่งที่ขาดเพื่อจะได้เตรียมตัวหาข้อมูลหรือความรู้ให้พร้อมก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลองข้อมูลดังกล่าวนี้ได้แก่

1. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง (Knowledge of Instruments and Materials Used) ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะพิเศษของเครื่องมือ อุปกรณ์ ข้อควรระวังหรือปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอ การให้ข้อมูลในเรื่องนี้ ควรทำในกรณีที่ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุพิเศษ ที่นอกเหนือไปจากการใช้งานปกติ

2. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน (Entry Behavior) ควรระบุให้ชัดเจนว่า ผู้ที่จะปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถหรือมีประสบการณ์อย่างใดมาก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้

3. ความรู้ในเนื้อหาวิชา (Theoretical Information) การทดลองบางอย่าง จำเป็นต้องอาศัยเนื้อหาของการทดลองเพิ่มเติม เพื่อให้แนวคิดเพื่อเตือนความจำของผู้ปฏิบัติงาน ข้อมูลที่จะให้ในตอนนี้อาจไม่ใช่ข้อมูลใหม่แต่เป็นข้อมูลที่อ้างถึงหลักการ หรือทฤษฎีที่ผู้ปฏิบัติงานได้ผ่านการเรียนมาแล้ว ข้อมูลที่กำหนดไว้ในหัวข้อ Background Information นี้ไม่ใช่การคัดลอกทฤษฎีมาใส่ แต่ควรเป็นข้อมูลในลักษณะของการสรุปประเด็นสำคัญ และการชี้ประเด็นของปัญหาทางทฤษฎีในเชิงวิเคราะห์ให้เห็นจุดสำคัญ ที่จะทำการทดลอง

### 2.5.6 ข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedural Information)

ข้อมูลสำหรับดำเนินการ คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่เหมาะสม หรือตามที่กำหนดให้ในงานแต่ละเรื่องได้ ลักษณะของงานในขั้นนี้ ควรเป็นขั้นการลงมือปฏิบัติงานจริง ตั้งแต่การวางแผนงานจริงๆ จากการร่างแบบงาน การกำหนดวงจร และรายการเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนกระทั่งวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติ ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถแยกออกเป็นขั้นตอนได้คือ

#### 2.5.6.1 คำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน (Manipulative Process) เป็นคำสั่งหรือคำแนะนำในการลงมือปฏิบัติจริง ประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง (Experimental Planning) ข้อมูลในขั้นนี้อาจเป็นในรูปของคำสั่งให้ปฏิบัติ หรือให้แนวคิดในการเริ่มงานทดลอง เช่น การเสนอรูปแบบของการทดลอง หรือให้ข้อมูลบางอย่างที่จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถสร้างรูปแบบของการทดลองขึ้นมาเองได้

2. ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือ การทดลองบางประเภท จะกำหนดเครื่องมือให้ใช้บางประเภทจะให้ผู้ปฏิบัติตัดสินใจเลือกเอง และบางประเภทจะให้แนวคิดในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องมือ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลองแต่ละประเภท

3. ข้อมูลในการดำเนินงานทดลอง เป็นข้อมูลที่แนะนำข้อปฏิบัติตั้งแต่การเริ่มงานสร้างวงจร ต่อสายติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการทดลอง ใบงานแต่ละประเภทจะให้ข้อมูลในเรื่องนี้ต่างกัน ใบงานแบบ Conventional จะกำหนดขั้นตอนก่อนข้างละเอียดเพื่อให้ผู้เรียนปฏิบัติตาม แต่ใบงานประเภทอื่น อาจจะทำให้ผู้ปฏิบัติตัดสินใจดำเนินการเองตามกรณี

**2.5.6.2 คำแนะนำในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection Process)** เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์หรือตั้งอัตราวัด เพื่อหาผลลัพธ์ของการทดลองที่เหมาะสมข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย

1. การสังเกต (Observation) เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เช่น ให้เปิดเครื่องปรับค่าความต้านทาน การกำหนดข่านของการทดลอง และสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามลำดับขั้นที่ควรจะเป็น ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

2. การรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้ (Data Collection) หลังจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ผู้ปฏิบัติจะต้องรวบรวม และบันทึกข้อมูลที่ได้ อย่างมีระบบ ประสิทธิภาพของข้อมูลที่ได้นี้ ย่อมขึ้นอยู่กับวางแผนการทดลอง โดยเฉพาะข่านของการทดลองที่เหมาะสม การดำเนินงานเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้นี้ อาจจะทำในรูปของการรวมกลุ่มของข้อมูลตามความเหมาะสม หรือจัดทำตารางข้อมูลเพื่อความสะดวกในการวินิจฉัย การให้ข้อมูลของใบงาน ที่เหมาะสมในเรื่องนี้ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติดำเนินงานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ

**2.5.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์และรายงาน (Conclusion and Report Guiding Information)**

ใบงานที่ได้นี้จะให้ข้อมูลในลักษณะที่เป็นคำสั่ง หรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลที่ได้ อย่างมีระบบ และสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลที่ Lab Sheet จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงานและสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะของข้อมูลอาจจะเป็นคำถามให้คิดหรือหัวข้อที่ให้ผู้เรียนหาข้อมูลสนับสนุนข้อมูลดังกล่าว ควรประกอบด้วย

**2.5.7.1 ข้อมูลที่ช่วยในการเสนอข้อมูล (Presentation of Data)** เป็นขั้นเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ในรูปลักษณะของเอกสารรายงาน การเสนอข้อมูลลักษณะนี้จะต้องทำอย่างมีระบบ โดยการจัดทำข้อมูลเป็นกลุ่มของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน อาจจะทำในลักษณะของตารางตัวเลข หรือใน

รูปแบบของ Graph ต่างๆ ใบงานที่ดีควรจะต้องกำหนด หรือเสนอแนะแนวทางให้ผู้ปฏิบัติสามารถดำเนินการได้ตามต้องการ

**2.5.7.2 ข้อมูลที่ช่วยในการแปลความหมายข้อมูล (Interpretation of Data)** ใบงานควรให้ข้อมูลนำผู้ปฏิบัติในการจับประเด็นสำคัญของข้อมูล วิธีการสรุปผลจากกลุ่มของข้อมูลที่มีอยู่ การเลือกตัวแปร และการคำนวณหาผลลัพธ์จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การให้ข้อมูลในเรื่องนี้อาจมีความละเอียดมากน้อยต่างกันตามลักษณะประเภทของการทดลอง

**2.5.7.3 ข้อมูลที่ช่วยในการอ้างอิงหลักการ (Reference of Data)** เป็นขั้นของการเขียนรายงานโดยอาศัยทฤษฎี และหลักการต่างๆ อ้างอิงในลักษณะของ

1. การสรุปผลของการค้นพบ (Generalization of Finding)
2. การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งาน (Implication of Finding)
3. การพยากรณ์ผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากสิ่งอื่น (Prediction behavior of Other Material)
4. การประเมินผลของการทดลอง (Critical Appraisal of Experimental Procedure and Finding)

ใบงานที่ดีควรจะให้ข้อมูลด้วยการเสนอแนะหรือการตั้งคำถามเพื่อนำทางให้ผู้ปฏิบัติสามารถหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาสนับสนุนผลลัพธ์ในการเขียนรายงานที่ถูกต้อง การให้ข้อมูลในเรื่องนี้จะทำได้มากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประเภทของการทดลองที่จะใช้

### **2.5.8 ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Evaluating Information)**

ข้อมูลสำหรับการประเมินผล หมายถึง ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ความสามารถและความเข้าใจในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงาน การตรวจสอบในเรื่องนี้อาจทำได้ทั้งทางกว้างและความลึกของเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของ Lab แต่ละประเภท อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เป็นคำถามใน Lab sheet นั้นอาจจะเป็นลักษณะของคำถามที่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. คำถามในเนื้อหาการทดลอง (Assessment Question) คือ ข้อมูลที่เป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติ โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการทำงานแต่ละขั้นตอน เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการทดลองโดยตลอด

2. คำถามสรุป (Critical Question) เป็นคำถามที่ถามในเรื่องที่ไกลออกไปจากงานที่ได้ปฏิบัติ เป็นการประเมินความสามารถในการมองภาพรวมของเรื่อง (Generalize) ที่ทำทั้งหมด และสามารถนำความรู้ ความสามารถที่ได้จากการทดลองนั้น ไปใช้งานอื่นได้ ซึ่งมักจะเรียกว่าการถ่ายโอนความรู้ “Transfer of Learning” ข้อมูลในใบงานตอนนี้ ควรจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับคำถามให้ผู้เรียนได้คิดใน

ลักษณะของความคิดสะท้อนกลับ (Reflexive Thinking) ในเรื่องที่เราเรียนรู้มาแล้วผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์และพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้

### 2.5.9 คุณสมบัติที่ดีของงานและใบงานทดลอง

การสร้างงานทดลอง (Laboratory Work) และการเขียนใบงานประกอบการทดลองที่เรียกว่า Laboratory Sheet ให้เป็นชุดของแต่ละการฝึกนั้น อาจจะดูไม่ยาก เพียงแต่ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาดีในเรื่องที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติหรือทดลอง และมีความสามารถในการเขียนหนังสืออยู่บ้าง ก็สามารถกำหนดงานทดลองและเขียนใบงานขึ้นมาใช้งานได้ แต่จะมีผลต่อการฝึก โดยผู้เรียนได้รับการพัฒนา มาก เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายน้อยนั้น ยังมีเรื่องที่ต้องพิจารณาอีกมาก

#### 2.5.9.1 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อสุขภาพ

1. เนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์
  - 1) ลักษณะภายในของเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง
  - 2) องค์ประกอบภายในของเนื้อหา
  - 3) องค์ประกอบภายในและภายนอกของเนื้อหา
  - 4) ชื่อที่สื่อความหมาย
2. รูปแบบการทดลอง
  - 1) Pattern ของการทดลอง
  - 2) วงจรทดลอง
  - 3) เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 4) Facilities ที่ใช้
3. ใบงานทดลอง
  - 1) มีข้อมูลที่เหมาะสม
  - 2) มีข้อมูลคำสั่งที่ทำให้เกิดพลังความรู้
  - 3) มีการใช้ภาษาที่สั้นและรัดกุม
4. การควบคุมการทดลอง
  - 1) มีความพร้อมในการทดลอง
  - 2) มีบรรยากาศของการทดลอง
  - 3) มีเป้าหมายในการพัฒนา
  - 4) มีจุดสังเกตที่ชัดเจนและเหมาะสม (Observation Sheet Observation Criteria)

## 5. การแสดงผลลัพธ์ของการทดลอง

- 1) Lab Report
- 2) มีการประเมินที่ครอบคลุม
- 3) มี Rate ของการให้คะแนนที่เหมาะสม

### 2.5.9.2 ลักษณะของใบงานที่ดี

การที่จะสร้างใบงานให้มีคุณสมบัติ สนับสนุนงานทดลอง ตามที่กล่าวข้างต้น การสร้างใบงานแต่ละใบนั้น จำเป็นต้องใช้ความประณีต ละเอียดอ่อน และมีการดำเนินงานที่พิถีพิถันขึ้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้ ทักษะ ในการพัฒนาใบงานแต่ละใบมากขึ้นทีเดียว โดยที่ใบงานที่ดี ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ครอบคลุมเนื้อหามากที่สุดเป็นหนึ่งในงาน ในหนึ่งวิชา
2. พัฒนาความสามารถได้มากที่สุด แต่ละใบงานมีโอกาพัฒนา
3. มีปัญหาในการปฏิบัติน้อยที่สุด
4. ผู้เรียนช่วยตัวเองได้มากที่สุด โดยไม่ทำให้ผู้สอนต้องช่วยเหลือมาก
5. สามารถจัดเป็นระบบได้โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด

### 2.5.10 กรรมวิธีการสร้างใบงานทดลอง

ขั้นตอนในการพัฒนาใบงาน การสร้างใบงานทดลองจริง ควรมีลำดับขั้นตอนการสร้างตามลำดับที่แสดงข้างล่าง ทั้งนี้เพื่อให้การพัฒนาคำสั่งในใบงาน มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการเขียนแต่ละขั้น

1. Procedural Information
2. Concussing Information
3. Assessing Information
4. Introductory Information

#### รายละเอียดของการพัฒนา

1. ข้อเสนอแนะในการเขียนขั้นตอนการดำเนินงาน
  - ก. ขั้นตอนที่กำหนดให้นักศึกษาปฏิบัติมีกี่ขั้น
  - ข. ขั้นที่ยุ่ยากและซับซ้อนมีกี่ขั้น ควรพิจารณาพิเศษในการเขียนคำสั่ง
  - ค. พยายามแยก Manipulative Process ออกจาก Data Collecting Process
  - ง. เขียนคำสั่งให้สั้น รัดกุม ระบุขั้นตอนที่จะให้ปฏิบัติอย่างชัดเจน
2. ข้อเสนอแนะในการเขียน Concussing Information
  - ก. กำหนดให้แน่ใจว่าจะให้ผู้เรียนแสดงข้อมูลในรูปแบบใด ลักษณะอย่างไร
  - ข. ต้องการจะเห็นการแปลความหมาย (Interpretation) ข้อมูลอย่างไร ลักษณะใด

- ค. ต้องการจะเห็นนักเรียนอ้างอิง (Reference) กฎ สูตร อะไรบ้าง
- ง. ต้องการให้นักเรียน พยากรณ์หรือประยุกต์ผลลัพธ์ของการทดลองในเรื่องใด ใส่เรื่องนั้นในการทดลอง
- จ. ต้องการที่จะให้นักเรียนเขียนรายงานในลักษณะใด อย่างไร กำหนด Format ไว้ในใบงานทดลอง
3. ข้อเสนอแนะในการเขียน Assessing Information
- ก. การศึกษาวิเคราะห์ความรู้และทักษะที่เกี่ยวข้อง จากผลลัพธ์การวิเคราะห์งาน
- ข. แยกความรู้และทักษะที่ได้รับออกจากทักษะที่ควรมี
- ค. ตั้งคำถามที่เหมาะสมสำหรับประเด็นสำคัญของความรู้และทักษะที่ได้รับ
- ง. ไม่ควรถามในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความรู้เดิม
- จ. การถามในเรื่องเกี่ยวกับ Critical Question นั้นควรสร้างเป็น Case Study แล้วถามในเรื่องที่อยู่ใน Case
- ฉ. อย่าถามนอกเรื่อง
4. ข้อเสนอแนะสำหรับการเขียน Background Information
- ก. พิจารณาให้ได้ว่า จำเป็นต้องให้ข้อมูลในเรื่องใด เพราะเหตุใด
- เรื่องเกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ
  - เรื่องหลักการทางทฤษฎี
- เขียนรูปแบบของการวิจาร์ณทฤษฎีหรือหลักการนั้นในแง่มุมต่างๆ ซึ่งประเด็นปัญหา หรือจุดที่น่าสนใจในทฤษฎีหรือหลักการนั้น
- เรื่องของความสามารถก่อนเรียน
- ให้ทราบไปทำไม มีทางช่วยเหลืออะไร ได้หรือไม่กัน ไม่ให้มาเรียนมี Supporting Material ที่ช่วยได้
- ข. พยายามเขียนข้อมูลให้สั้น แต่ได้ใจความที่กะทัดรัด
- ค. พยายามแยกข้อมูลเหล่านี้ ออกจากข้อมูลอื่น
5. ข้อเสนอแนะในการเขียน Introduction Information
- ก. การให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุประสงค์
- เจตนาเพื่ออะไร ใช้ภาษานำไปเป็นไปตามเจตนารมณ์
  - วัตถุประสงค์มี 4 ระดับ คือ
1. Primary Objective
  2. Secondary Objective
  3. Thirtiary Objective
  4. Forth Objective

- พิจารณาให้ดี เขียนเฉพาะ Thirtiary Objective เท่านั้นในใบงาน
  - เขียนให้ชัดเจนและรัดกุม
- ข. การให้ข้อมูลเกี่ยวกับ Needs and Scope ของการทดลอง
- พิจารณาให้แน่ชัดว่า จำเป็นต้องให้ข้อมูลนี้หรือไม่ สำหรับการทดลองนี้
  - การเขียน Needs ต้องใช้ภาษาที่เข้าใจ ให้เห็นความจำเป็น และสามารถสร้างความกระตือรือร้นให้เกิดขึ้นได้
  - การเขียน Scope เป็นเรื่องยาก ถ้าจะเขียนต้องแสดงให้เห็นขอบเขตที่ชัดเจน
    1. ระบบที่เกี่ยวข้อง
    2. ประเภทของงาน
    3. ข้อจำกัดของหลักการ
- ค. การให้ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผน
- ต้องรู้ระดับของการวางแผน แต่ละระดับเป็นอย่างไร
  - จะให้ผู้เรียนวางแผนในระดับใด
  - ให้คำสั่งที่เหมาะสมกับระดับ
  - แน่ใจว่ามี Instructional Supporting Material ช่วยเหลือในการวางแผนได้
  - แน่ใจว่ามีจุดที่สามารถตรวจสอบความสามารถดังกล่าวได้

## 2.6 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล

### 2.6.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล

#### 2.6.1.1 ความหมายของการวัดผล การทดสอบ และการประเมินผล

การวัดผล (Measurement) หมายถึง กระบวนการหาปริมาณ หรือจำนวนของสิ่งต่างๆ โดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่ง ผลจากการวัดจะออกมาเป็นตัวเลข หรือสัญลักษณ์ เช่น นายแดงสูง 180 ซม. (เครื่องมือ คือ ที่วัดส่วนสูง) วัดอุณหภูมิหน้า 2 ก.ก. (เครื่องมือ คือ เครื่องชั่ง)

การทดสอบการศึกษา หมายถึง กระบวนการวัดผลอย่างหนึ่งที่กระทำอย่างมีระบบเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของบุคคล โดยใช้ข้อสอบหรือคำถามไปกระตุ้นให้สมองแสดงพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งออกมา

การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การตัดสิน หรือวินิจฉัยสิ่งต่างๆที่ได้จากการวัดผล เช่น ผลจากการวัดความสูงของนายคำได้ 150 ซม. ก็อาจประเมินว่าเป็นคนที่สูงมาก ผลจากการชั่งน้ำหนักของวัตถุชิ้นหนึ่งได้ 3 ก.ก. ก็อาจจะประเมินว่าหนัก-เบา หรือ เอา-ไม่เอา

บลูม (Bloom) และคณะ ได้แบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 3 ลักษณะ

- วัดพฤติกรรมด้านพุทธิสัย ได้แก่ การวัดเกี่ยวกับ ความรู้ ความคิด (วัดด้านสมอง)
- วัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัย ได้แก่ การวัดเกี่ยวกับความรู้สึกรู้สึกนึกคิด (วัดด้านจิตใจ)
- วัดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย ได้แก่ การวัดเกี่ยวกับการใช้กล้ามเนื้อ และประสาทสัมผัส

ส่วนต่างๆ ของร่างกาย (วัดด้านการปฏิบัติ)

### 2.6.1.2 จุดมุ่งหมายของการวัดผลการศึกษา

1. วัดผลเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักเรียน หมายถึง การวัดผลเพื่อดูว่านักเรียนบกพร่องหรือไม่เข้าใจในเรื่องใดอย่างไร แล้วครูพยายามอบรมสั่งสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความเจริญงอกงามตามศักยภาพของนักเรียน

2. วัดผลเพื่อวินิจฉัย หมายถึง การวัดผลเพื่อค้นหาจุดบกพร่องของนักเรียนที่มีปัญหาว่ายังไม่เกิดการเรียนรู้ตรงจุดใด เพื่อหาทางช่วยเหลือ

3. วัดผลเพื่อจัดอันดับหรือจัดตำแหน่ง หมายถึง การวัดผลเพื่อจัดอันดับความสามารถของนักเรียนในกลุ่มเดียวกันว่าใครเก่งกว่า ใครควรได้อันดับที่ 1 2 3

4. วัดผลเพื่อเปรียบเทียบหรือเพื่อทราบพัฒนาการของนักเรียน หมายถึง การวัดผลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนเอง เช่น การทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนแล้วนำผลมาเปรียบเทียบกัน

5. วัดผลเพื่อพยากรณ์ หมายถึง การวัดเพื่อนำผลที่ได้ไปคาดคะเนหรือทำนายเหตุการณ์ในอนาคต

6. วัดผลเพื่อประเมินผล หมายถึง การวัดเพื่อนำผลที่ได้มาตัดสิน หรือสรุปคุณภาพของการจัดการศึกษาว่ามีประสิทธิภาพสูงหรือต่ำ ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร

### 2.6.1.2 มาตรการวัด

1. มาตรฐานมบัญญัติ เป็นมาตรการวัดที่ใช้กับข้อมูลที่เป็นเพียงการเรียกชื่อ หรือจำแนกชนิด หรือสัญลักษณ์กับสิ่งต่างๆ ไม่สามารถบอกปริมาณมากน้อยได้ แสดงให้เห็นเพียงความแตกต่างของสิ่งต่างๆ เช่น การจำแนกคนเป็นเพศหญิง-ชาย หมายเลขโทรศัพท์ ทะเบียนรถ

2. มาตรการเรียงอันดับ สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันได้ หรือเป็นการจัดอันดับข้อมูลได้ว่า มาก-น้อย สูง-ต่ำ ดี-ชั่ว

3. มาตรฐานอัตราภาค สามารถบอกความห่างระหว่างสองตำแหน่งได้ เช่น การวัดอุณหภูมิหรือเซลเซียส

4. มาตรฐานสัดส่วน เป็นมาตรการวัดที่มีลักษณะสมบูรณ์ทุกอย่าง มีศูนย์แท้ ซึ่งแปลว่าไม่มีอะไร หรือเริ่มต้นจาก 0 เช่น ความสูง 0 นิ้ว ก็แปลว่าไม่มี ความสูง หรือน้ำหนัก 0 กิโลกรัม ก็เท่ากับไม่มีน้ำหนัก

### 2.6.1.3 หลักการวัดผลการศึกษา

1. ต้องวัดให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน คือ การวัดผลจะเป็นสิ่งตรวจสอบผลจากการสอนของครูว่า นักเรียนเกิดพฤติกรรมตามที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายการสอนมากน้อยเพียงใด

2. เลือกใช้เครื่องมือวัดที่ดีและเหมาะสม การวัดผลครูต้องพยายามเลือกใช้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ ใช้เครื่องมือวัดหลายๆอย่าง เพื่อช่วยให้การวัดถูกต้องสมบูรณ์

3. ระวังความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดของการวัด เมื่อจะใช้เครื่องมือชนิดใด ต้องระวังความบกพร่องของเครื่องมือหรือวิธีการวัดของครู

4. ประเมินผลการวัดให้ถูกต้อง เช่น คะแนนที่เกิดจากการสอนครูต้องแปลผลให้ถูกต้อง สมเหตุสมผลและมีความยุติธรรม

5. ใช้ผลการวัดให้คุ้มค่า จุดประสงค์สำคัญของการวัดก็คือ เพื่อค้นและพัฒนาสมรรถภาพของนักเรียน ต้องพยายามค้นหาผู้เรียนแต่ละคนว่า เด่น-ด้อยในเรื่องใด และหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขแต่ละคนให้ดีขึ้น

### 2.6.2 การสร้างแบบทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและประเมินผลของการศึกษาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด เพราะนอกจากการวัดผลและการประเมินผลช่วยให้ทั้งครูและนักเรียน รวมทั้งผู้บริหารการศึกษาทราบว่า การเรียนการสอน ได้มีผลตามความคาดหวังหรือไม่แล้ว การวัดและประเมินผลเป็นสิ่งที่มามีอิทธิพลโดยตรงต่อชีวิตของนักเรียนทั้งปัจจุบันและอนาคต ผลจากการประเมินผลจะบอกให้นักเรียนทราบว่าตนเก่งปานกลางหรืออ่อน เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนอื่นๆในห้อง

แบบทดสอบคือ เครื่องมือวัดผลทางการศึกษาที่สำคัญและใช้มากที่สุดในด้านการศึกษา ซึ่งเป็นชุดคำถามหรือกลุ่มงานใดๆ ที่สร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ได้ทันทีให้แสดงพฤติกรรมออกมา โดยผู้สอนสามารถสังเกตและวัดได้หลังจากการเรียนการสอนสิ้นสุดลงแล้วจำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลว่า ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนที่วางไว้หรือไม่เพียงใด



ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ หรือพิมพ์ด้วยอักษรเอน หรือตัวหนัก ให้ต่างจากข้อความทั่วไปเพื่อให้เห็นชัดขึ้น หรือใช้คำที่มีความหมายเชิงปฏิเสธแทน

6. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิดได้แก่ คำประเภท “ถูกทุกข้อ” “ไม่มีข้อใดถูก” “ยังสรุปได้ไม่แน่นอน” การใช้ตัวเลือกแบบนี้อาจเนื่องมาจากผู้ออกข้อสอบไม่สามารถหาตัวลวงที่เหมาะสมได้ หรือคิดว่าอาจเป็นตัวถูก หรือตัวลวงที่ดี การใช้ตัวเลือกปลายเปิดด้วยเหตุผลที่ผู้ออกข้อสอบไม่สามารถหาตัวลวงหรือตัวตัวถูกได้นั้นมักทำให้ข้อคำถามนั้นโดยคุณภาพลงด้วยการแนะนำคำตอบด้วยตัวเลือกนั้น ข้อสอบที่เหมาะสมจะใช้ตัวเลือกปลายเปิดควรเป็นคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องราวหรือเหตุการณ์ที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้ หรือที่ยังเป็นปัญหาโต้แย้งกันอยู่ ตัวเลือกปลายเปิดนอกจากจะใช้ได้ดีกับเรื่องราวที่ไม่มีข้อยุติแล้ว ยังเหมาะที่จะใช้กับวิชาประเภทคำนวณอีกด้วย ตัวเลือก “ถูกทุกข้อ” จะใช้ได้ดีกับข้อที่มีคำตอบที่เป็นไปได้หลายข้อ เช่น การคำนวณหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าของสมการหลายชั้น ตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” สามารถใช้ลวงผู้ที่ไม่แม่นยำในการคำนวณคำตอบข้อนั้นๆ เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องไม่ได้ก็จะเอนเอียงมาตอบตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” ถ้าหากจำเป็นต้องใช้ตัวเลือกปลายเปิดแล้ว ก็ควรใช้หลายๆ ข้อจะได้ไม่เป็นการแนะนำคำตอบ และต้องจัดให้ตัวเลือกปลายเปิดนั้นเป็นทั้งตัวถูกและตัวผิดพอๆ กันกับตัวเลือกอื่น

7. ใช้คำถามให้กลุ่มงานสอบ ข้อสอบที่ดีไม่ควรถามด้านความจำมากนัก แต่จะพยายามถามให้คิดลึกซึ้งลงไปและไม่ใช้ข้อความที่พลิกแพลงจนกลายเป็นข้อสอบวัดความสามารถด้านภาษาไป ข้อสอบที่ถามไม่กลุ่มงานสอบจะไม่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การวัดเท่าที่ควร เช่น ข้อคำถามที่ง่ายมากทุกคน หรือเกือบทุกคนตอบถูกหมด หรือข้อที่ยากมาก ไม่มีใครตอบถูกเลยทำให้ไม่ทราบว่าใครเก่งกว่าใคร การถามเนื้อหาที่ไม่จำเป็น ถือว่าเป็นการถามที่ไม่กลุ่มงานสอบเช่นกัน

8. ข้อสอบมีคำตอบเดียว ในการเขียนคำถามมีบ่อยๆ ที่ผู้ออกข้อสอบไม่ได้พิจารณาตัวลวงให้ดี เมื่อผู้สอบทำข้อสอบจึงมักมีปัญหาที่มีข้อถูกมากกว่า 1 ตัวอยู่บ่อยๆ

9. เขียนตัวถูก-ผิด ให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ การเขียนตัวถูก และตัวลวงควรคำนึงถึงความจริง และความเป็นไปได้ตามเนื้อหานั้นๆ ด้วยการใส่ตัวลวงโดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องตามหลักวิชาการอาจเป็นการแนะนำคำตอบให้เด่นชัดขึ้น ข้อควรคำนึงในการเขียนตัวลวงมีดังต่อไปนี้

9.1 หลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์เทคนิคที่ไม่มีในสาขาวิชานั้น

9.2 ตัวลวงผิดตามหลักการ และข้อเท็จจริงของเนื้อหานั้น ตัวลวงที่ดีควรมีผู้เลือกตอบ และผู้ที่เลือกตอบควรเป็นผู้ที่ไม่แม่นยำในเนื้อหานั้นจริงอาจเข้าใจผิด หรือเกิดความผิดพลาดในการคิดโดยไม่เจตนาได้ โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ ตัวลวงควรได้มาจากการคำนวณโดยวิธีที่ผิดๆ ที่มักเกิดขึ้นกับนักเรียนซึ่งครูอาจสังเกตได้ในขณะการเรียนการสอนการใช้ตัวเลือกจากคำตอบของนักเรียนทั้งที่เป็นตัวถูก และตัวผิดจะทำให้ข้อสอบมีคุณภาพสูงกว่าข้อสอบที่ใช้ตัวเลือกที่ได้จากคำตอบของนักเรียนยังยากกว่าข้อสอบที่ได้ตัวเลือกจากครูสร้างเองอีกด้วย

9.3 คำตอบควรถูกต้องตามหลักวิชาการ บางครั้งตัวเลือกนั้นอาจเป็นคำตอบถูกต้องเมื่อพิจารณาโดยเฉพาะสาขาวิชาแล้วอาจไม่เกี่ยวข้องกันเลย

10. เขียนตัวเลือกให้เป็นอิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกทั้งที่เป็นตัวถูก และตัวผิด ก้าวก้ำกักัน หรือมีความหมายสับสนเนื่องสัมพันธ์กัน หรือครอบคลุมตัวเลือกอื่นๆ ซึ่งทำให้เหมือนกับมีตัวเลือกน้อยลง และมีคำตอบที่ถูกหลายข้อ

11. เรียงลำดับตัวเลือกที่เป็นตัวเลข ข้อสอบที่มีคำตอบเป็นตัวเลข เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เกี่ยวกับ วัน เดือน ปี หรือจำนวนต่างๆ ควรจัดเรียงลำดับกัน อาจเรียงจากมากไปน้อย หรือน้อยไปมาก ก็ได้ เพื่อช่วยให้ผู้สอบหาคำตอบง่ายขึ้น ไม่เกิดการสับสน

12. พยายามใช้รูปภาพช่วย การใช้รูปภาพเป็นตัวสถานการณ์ หรือคำถาม ตัวเลือกจะช่วยคลายความเครียดให้ผู้สอบได้มาก โดยเฉพาะในชั้นเด็กตอนต้น การใช้รูปภาพนอกจากจะคลายความเครียดได้แล้ว ยังช่วยให้เข้าใจคำถามง่ายขึ้น และยังช่วยทำให้ข้อสอบน่าสนใจยิ่งขึ้น ข้อสำคัญรูปภาพที่ใช้ควรเขียนให้ชัดเจน สวยงาม น่าดู และถูกต้อง ไม่ทำให้ผู้สอบมองแล้วเข้าใจผิดได้

13. หลีกเลี่ยงคำถามที่แนะนำคำตอบคำถามที่ใช้แล้วที่มีแง่ให้ผู้สอบสามารถตัดตัววงออกได้โดยไม่ต้องใช้ความคิด หรือชี้แนะให้ผู้สอบเลือกคำตอบได้ง่ายขึ้น ถือว่าเป็นคำถามที่ชี้แนะคำตอบคำถามที่มีลักษณะแนะนำคำตอบมีดังนี้

13.1 ตัวคำตอบใช้คำที่ซ้ำกับคำถามหรือใช้คำที่เกี่ยวข้องกัน

13.2 ออกคำถามซ้ำกัน ได้แก่การถามสิ่งเดียวกันแต่ใช้ถ้อยคำต่างกัน ซึ่งผู้สอบอาจค้นพบคำตอบจากข้ออื่นๆในข้อสอบฉบับเดียวกันได้

## 2.7 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง

การสร้างชุดทดลองเรื่อง ชุดสาริตการควบคุมมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา เครื่องมือวัดไฟฟ้า รหัส 2104-2204 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่มีหลักการเกี่ยวข้องกับเพาเวอร์มิเตอร์และออกแบบสร้างเป็นชุดทดลองพร้อมใบงาน โดยมีลำดับหัวข้อของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

### 2.7.1 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW มาจาก (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) คือ ชุดพัฒนาแอปพลิเคชัน (Development environment) จากเนชั่นแนลอินสตรูเมนต์ เพื่อใช้ในการสร้างระบบการวัด, ทดสอบ, และควบคุม โดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาโค้ดรูปภาพ (Graphical programming) และมีการต่อสายส่งค่าข้อมูลคล้ายกับการวาดโพลชาร์ตที่เข้าใจได้ง่าย ซึ่งชุดพัฒนาจะมาพร้อมกับชุด

ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรมนับร้อยแบบสำหรับการวิเคราะห์, ประมวลผล, และแสดงข้อมูล รวมถึงความสามารถต่างๆ ในการใช้งานร่วมกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์อื่นๆ ได้ดี ทำให้ LabVIEW ซึ่งออกสู่ตลาดมาตั้งแต่ปี 1986 ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในแทบทุกส่วนของอุตสาหกรรมและการวิจัยที่ต้องการระบบอัตโนมัติในการวัดและการควบคุม อาทิ เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิต, อิเล็กทรอนิกส์, ยานยนต์, การทหารและอากาศยาน, พลังงาน, การสื่อสาร, เครื่องมือแพทย์ หรือแม้แต่ในของเล่นเด็กอย่างเลโก้ ไปจนถึงเครื่องจักรที่ซับซ้อนที่สุดอย่างเครื่องเร่งอนุภาค LHC ที่เซิร์น

ในปัจจุบันนอกจาก LabVIEW จะถูกใช้งานบนพีซีทั่วไปเพื่อการดึงสัญญาณหรือควบคุมเครื่องมือวัดแล้ว แนวคิดของเนชั่นแนลอินสตรูमेंตส์ที่เรียกว่า Graphical System Design ยังขยายขีดความสามารถของแพลตฟอร์ม LabVIEW ให้สามารถทำการออกแบบได้ทั้งระบบ ตั้งแต่ส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์, การคำนวณ ไปจนถึงการดึงสัญญาณและการติดตั้งไปรันในฮาร์ดแวร์ทั้งแบบวินโดวส์, เรียลไทม์, และFPGA โดยใช้แพลตฟอร์ม LabVIEW เพียงแพลตฟอร์มเดียว จึงทำให้สามารถทำงานต่อยอดได้ทันทีเมื่อเวลาที่เราต้องการย้ายจากการทำงานกับพีซีบนวินโดวส์ไปเป็นฮาร์ดแวร์แบบฝังตัว เป็นต้น

## หลักการเบื้องต้นของเครื่องวัดไฟฟ้า

### สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของเครื่องวัดไฟฟ้า

สัญลักษณ์บอกชนิดของมิเตอร์ หมายถึงเครื่องหมายที่แสดงให้ทราบชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า ดังตัวอย่างตามตารางที่ 2.1

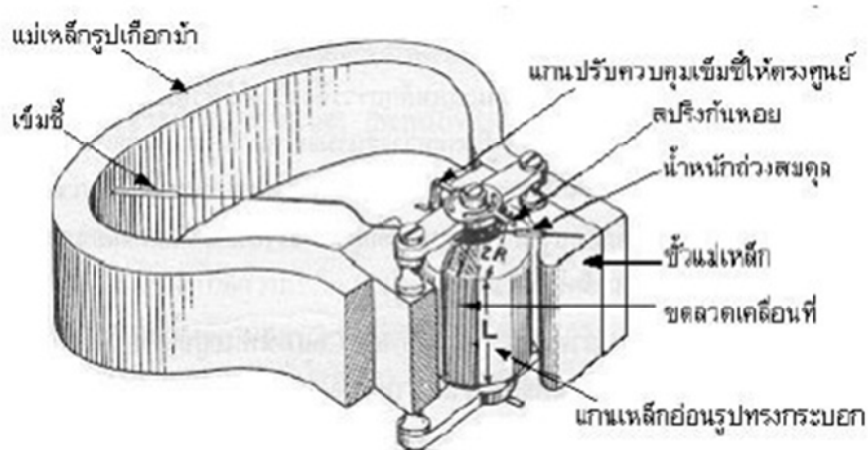
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์บอกชนิดของมิเตอร์

สัญลักษณ์	ความหมาย
	โวลต์มิเตอร์
	แอมมิเตอร์
	โอห์มมิเตอร์
	วัตต์มิเตอร์
	ฟริควเอนซ์มิเตอร์
	เฟาเวอร์เฟลคเตอร์มิเตอร์
 หรือ 	กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์

## โครงสร้างและการทำงาน

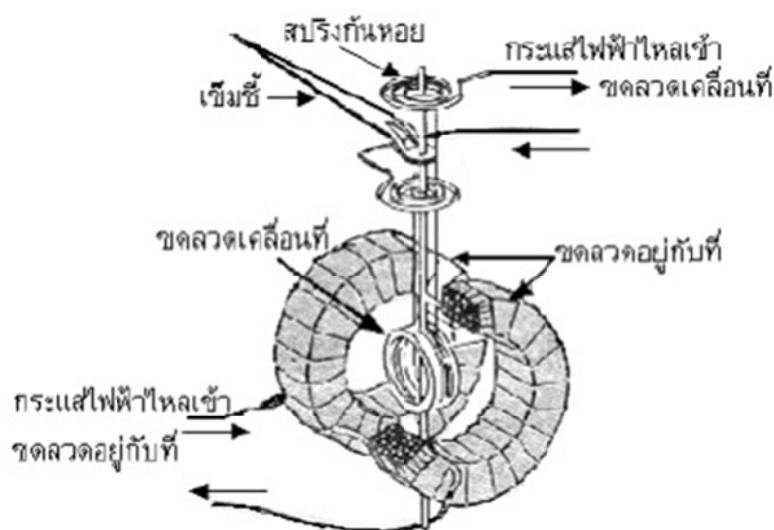
ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) หมายถึงเครื่องวัดไฟฟ้าที่อาศัยการเคลื่อนที่ของขดลวดที่พันอยู่บนแกนอะลูมิเนียมของส่วนเคลื่อนที่ซึ่งวางอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของส่วนที่อยู่กับที่ โดยมีเข็มซึ่งยึดติดกับส่วนเคลื่อนที่เป็นตัวแสดงตำแหน่งของการวัดค่าที่แสดงด้วยตัวเลขบนสเกล 2 แบบคือ

แบบอาศัยแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet type) และแบบไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer type) หรือ อิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (Electro Dynamometer type) สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary part) และส่วนที่เคลื่อนที่ (Moving part) โดยขดเคลื่อนที่เป็นชนิดขดลวด ส่วนขดอยู่กับที่เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ส่วนใหญ่มักทำเป็นแอมมิเตอร์ โวลท์มิเตอร์ ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าจะใช้วัดกระแสสลับต้องใช้ร่วมกับชุดเรียงกระแส (Rectifier) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอาศัยแม่เหล็กถาวร

ขณะใช้วัดปริมาณไฟฟ้า จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสปริงกันหอยเข้าสู่ขดลวดซึ่งวางอยู่ระหว่างแม่เหล็กถาวร ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ขดลวดทั้งสองข้าง มีขั้วเหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวร จึงเกิดการผลักของขั้วแม่เหล็กระหว่างขดลวดกับแม่เหล็กถาวรเกิดแรงบิดบ่งเบนทำให้เข็มชี้ที่ยึดติดกับขดลวดเคลื่อนที่บ่งเบนไป การบ่งเบนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสที่ไหลผ่านขดลวดหรือแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ มีโครงสร้างแตกต่างจากชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบอาศัยแม่เหล็กถาวรคือ ส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วยขดลวดที่อยู่กับที่ (Fixed coil) 2 ชุดเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทดแทนแม่เหล็กถาวร และขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) วางอยู่ระหว่างขดลวดที่อยู่กับที่ทั้ง 2 ชุด ดังรูปที่ 2.2

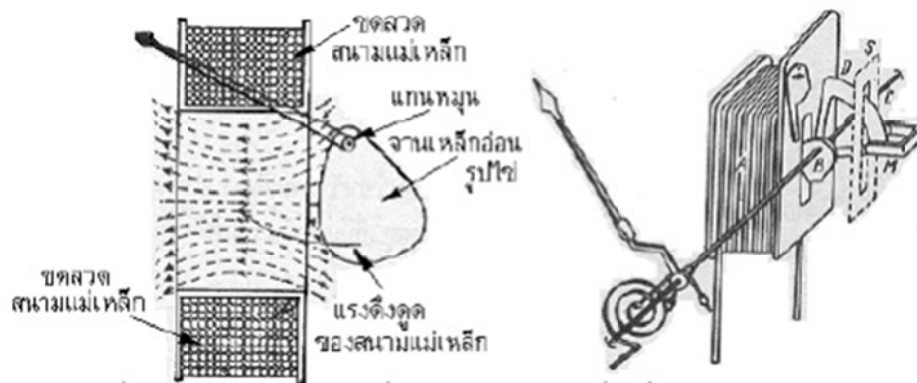


รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 2.2 เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้ามาที่ขดลวดที่อยู่กับ ที่และขดลวดเคลื่อนที่จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น โดยรอบ ขั้วสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดอยู่กับ ที่และขดลวดเคลื่อนที่ที่วางใกล้มีขั้วเหมือนกันเกิดแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่เกิดการบ้ายเบนไป โดยมีเข็มชี้ซึ่งยึดติดกับขดลวดเคลื่อนที่จะแสดงค่าปริมาณ ไฟฟ้า การบ้ายเบนของขดลวดเคลื่อนที่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโหนดที่นำมาต่อวงจร และมีสปริงกันหอยทำหน้าที่ออกแรงต้านแรงบิดที่เกิดขึ้น เมื่อแรงบิดบ้ายเบนเท่ากับแรงบิดควบคุม เข็มชี้จะหยุดนิ่ง เมื่อไม่มีกระแสไหลเข้ามาที่ขดลวดสปริงจะดึงเข็ม ชี้กลับตำแหน่งศูนย์ตามเดิม

ชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Moving iron) เครื่องวัดไฟฟ้าชนิดนี้อาศัยการเคลื่อนที่ของส่วนเคลื่อนที่ทำได้ด้วยแผ่นเหล็กสามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ มี 2 แบบคือ แบบอาศัยแม่เหล็กดึงดูด (Attraction type) แบบอาศัยแม่เหล็กผลัดกัน (Repulsion type)

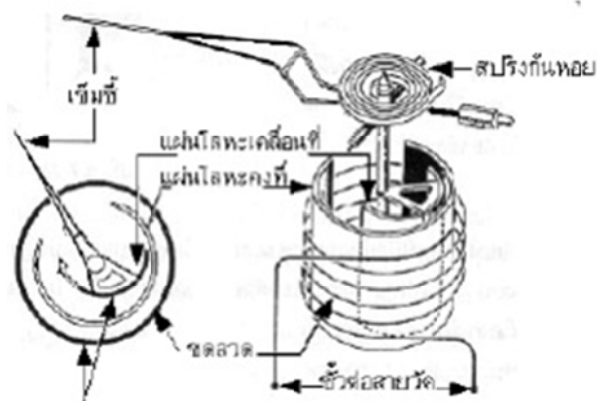
1) แบบอาศัยแม่เหล็ก ดึงดูด การทำงานขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างอำนาจแม่เหล็กของแผ่นเหล็กอ่อน (soft iron) กับอำนาจแม่เหล็กของขดลวดอยู่กับที่ (stationary coil)



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กดึงดูด

**หลักการทำงาน** เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กจะเกิดสนามแม่เหล็กมากที่สุดที่จุดศูนย์กลางของขดลวด ปลายของจานเหล็กรูปไข่จะถูกแรงดึงดูดของสนามแม่เหล็ก ให้เคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของขดลวด เข็มชี้ที่ยึดติดกับแกนจะบ่ายเบนไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเข็มชี้จะบ่ายเบนมาก

2) แบบอาศัยแม่เหล็กผลักดัน การทำงานขึ้นอยู่กับการผลักกันระหว่างแผ่น โลหะที่วางอยู่ใกล้กันในสนามแม่เหล็กเดียวกัน



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่แบบแม่เหล็กผลักดัน

**หลักการทำงาน** เมื่อมีกระแสไหลผ่าน โดยลวดอยู่กับที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปเหนี่ยวนำแผ่นโลหะอ่อนทั้งสองที่วางขนานกัน แผ่นโลหะทั้งสองจะมีอำนาจแม่เหล็กและมีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันเกิดแรงผลักกัน ทำให้เข็มชี้ที่ยึดติดกับแผ่นโลหะเคลื่อนที่ที่เกิดแรงบิดบ่ายเบน มีทิศทางตรงข้ามกับแรงบิดของสปริงหรือน้ำหนักถ่วงที่ทำหน้าที่เป็นแรงบิดควบคุม แรงผลักของโลหะทั้งสอง เป็นสัดส่วนใกล้เคียงกับกำลังสองของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดที่อยู่กับที่

## ค่าความคลาดเคลื่อน (Errors)

ค่าความคลาดเคลื่อนแบ่งออกเป็น 3 ประการดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนโดยรวม (Gross Errors)
2. ความคลาดเคลื่อนของระบบ (systematic Errors)
3. ความคลาดเคลื่อนแบบไม่แน่นอน (Random Errors)

## ความแม่นยำ

ความแม่นยำ หมายถึง ความใกล้เคียงระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดกับค่าจริง (True Value) ของตัวแปรขณะที่ทำการวัดความแม่นยำจะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าสเกล (Full Scale) ตัวอย่าง เช่น แอมมิเตอร์มีสเกลสูงสุด 10 โวลต์ (V) และระบุค่าแม่นยำเท่ากับ  $\pm 1\%$  แสดงว่า เข็มที่ชี้ค่าจะมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้  $0.0 \times 10 = 0.1V$  (ตลอดทั้งสเกลคือ 0-10V) ดังนั้นถ้าเราวัดและอ่านค่าได้ 6.5V ค่า Accuracy จะเท่ากับค่าใกล้เคียงกับ Accuracy ของพิกัดที่ระบุไว้

## ความไว

ความไว หมายถึง อัตราส่วนการตอบสนองของเอาต์พุตต่อการเปลี่ยนแปลงชีวิตของอินพุตหรือค่าตัวแปรที่กำลังวัดความไวของเครื่องวัดไฟฟ้าจะสังเกตจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านและทำให้เกิดการขยับเบนจนสุดสเกล (If) ค่าความไวของโวลท์มิเตอร์จะมีหน่วยเป็น โอห์มต่อโวลท์ เครื่องวัดที่มีค่าโอห์ม/โวลท์สูงมากเท่าใดก็ยิ่ง ทำให้มีค่าความไวมากขึ้นโดยส่งผลให้ค่าที่วัดมีความแม่นยำมากขึ้น (มากกว่าเครื่องวัดที่มีความไวต่ำ) นอกจากนี้ค่าความไวและย่านการวัด (Range) จะบอกให้ทราบถึงค่าความต้านทานด้านอินพุต (Input Impedance) ของโวลท์มิเตอร์ ความไว =  $1/If$  เมื่อ If คือ กระแสที่ทำให้เข็มชี้ขยับเบนเต็มสเกล (Full Scale) มีหน่วยเป็นแอมแปร์

## 2.8 รูปแบบการวิจัย

สุมาลี จันทรชลอ [10] ได้แบ่งระเบียบแบบแผนการวิจัย ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นดังนี้

- แบบ One Short Case Study
- แบบ One Group Pre-test Post-test Design
- แบบ Two Group Pre-test Post-test Design
- แบบ Randomized Two Group Pre-test Post-test Design
- แบบ Randomized Two Group Post-test Only Design
- แบบ Solomon Four Group Design

แบบแผนแต่ละอย่างมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป และมีข้อดีข้อเสียไม่เหมือนกัน ในการวิจัยในครั้งนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดแบบ One Group Pre-test Post-test Design ซึ่งมีข้อดีคือสะดวกและง่ายมีการ

ควบคุมด้วยการทดสอบก่อนการทดลอง ข้อเสีย การทดสอบก่อนการทดลองจะทำให้เกิด Test Effect ในการวัดตัวแปรตามลักษณะการดำเนินการวิจัยจะแสดงดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 แสดงแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pre-test Post-test Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
กลุ่มตัวอย่าง	T1	X	T2

โดย T1 คือ การวัดผลการเรียนทดลอง  
 X คือ การเรียนด้วยชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์  
 T2 คือ การวัดผลหลังการเรียนทดลอง

การดำเนินการวิจัยเริ่มจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (T1) กับกลุ่มตัวอย่างก่อนที่จะทำการทดลอง (X) ซึ่งให้ผู้เรียน เรียนจากชุดทดลองในแต่ละใบงานพร้อมกับการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้หลังจบการเรียนในแต่ละใบงานนั้น หลังจากผู้เรียนได้ทำการเรียนครบทุกใบงานแล้วทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (T2) อีกครั้งโดยใช้แบบทดสอบวัดผลชุดเดียวกันกับวัดผลก่อนเรียน แต่มีการสลับข้อหลอกเพื่อลดค่าไว้ Test Effect จากนั้นศึกษาผลของการจัดกระทำตัวแปรทดลองที่มีต่อตัวแปรตาม (Treatment Effect) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบครั้งหลังกับการสอบครั้งแรกและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และใบงานประกอบการทดลองรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ คือ

กฤษณะ สุภารมย์ [11] ได้สร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้าของระบบเครื่องทำความเย็น และใบงานการทดลองที่ใช้ประกอบการเรียนทดลอง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ การดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้นำชุดทดลองวงจรไฟฟ้าของระบบเครื่องทำความเย็น และใบงานการทดลองไปทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ จำนวน

70 คน ได้ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) หลังจากเรียนด้วยชุดทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-dependent test) แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้วยค่า E1/E2 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้าของระบบเครื่องทำความเย็นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพร้อยละ 86.46/85.74 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

สุรพงษ์ เกลียวสินาค [13] ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าร่วมกับใบงานทดลองระบบเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) ชุดทดลองอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า 2) ใบงานทดลอง 3) แบบทดสอบหลังเรียน 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 5) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 วิทยาเขตเทคนิคชัยภูมิ จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการสอบวัดด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน, แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน จากการนำข้อมูลค่าของคะแนนไปวิเคราะห์ผลโดยใช้การทดลองค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า การเรียนทดลองด้วยชุดทดลองร่วมกับใบงานที่ได้พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 83/82 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้เรียนด้วยชุดทดลองร่วมกับใบงานมีค่าของคะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองร่วมกับใบงานที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับ ดีมาก

อุบล สารากิจ [14] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้นบนโปรแกรม Lab VIEW เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) เครื่องมือที่เป็นต้นแบบชิ้นงาน 2) เครื่องมือประเมินผล 3) เครื่องมือทางสถิติ 4) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โดยวิธีการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย โดยการจับสลากบัญชีรายชื่อนักเรียน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30คน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการสอบวัดด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน, แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน จากการนำข้อมูลค่าของคะแนนไปวิเคราะห์ผลโดยใช้การทดลองค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า การเรียนทดลองด้วยชุดทดลองร่วมกับใบงานที่ได้พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 80/80 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้เรียนด้วยชุดทดลองร่วมกับใบงานมีค่าของคะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองร่วมกับใบงานที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับ ดีมาก

ปัญญา สิจูย์ [17] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชา เครื่องวัดไฟฟ้าในรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริง, เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) สื่ออิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องวัดไฟฟ้าในรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริง 2) แบบทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ โดยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 28 คน และนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 30 คน สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง และวิธีการสุ่มอย่างง่าย จากการนำข้อมูลค่าของคะแนนไปวิเคราะห์ผลโดยใช้การทดลองค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า การเรียนทดลองด้วยชุดทดลองร่วมกับใบงานที่ได้พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 80/80 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้เรียนด้วยชุดทดลองร่วมกับใบงานมีค่าของคะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองร่วมกับใบงานที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับ ดีมาก