

การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เพื่อเป็นชุดทดลอง  
ประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ปริญญานิพนธ์  
ของ  
มงคล จงสุพรรณพงศ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2543

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114.45

2.4417

5.1

การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เพื่อเป็นชุดทดลอง  
ประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

บทคัดย่อ

ของ

มงคล จงสุพรรณพงศ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2543

มงคล จงสุพรรณพงศ์. (2543). การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เพื่อเป็นชุดทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 3 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ 3) เพื่อศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

เพื่อให้บรรลุความมุ่งหมาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอนคือ 1) การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ 2) การทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบการเรียนการสอน ขั้นตอนที่ 1 เป็นการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ และคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ซึ่งมีศักยภาพที่ใช้ในการทดลองได้ 7 การทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งทดลองกับกลุ่มผู้เรียน 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างยนต์ และกลุ่มผู้เรียนสาขาช่างไฟฟ้าในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม เขตกรุงเทพฯ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2542 เป็นการศึกษาความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ และเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์กระทำโดยใช้แบบบันทึกผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ และแบบสอบถามเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เป็นเครื่องมือวัด

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ มีประสิทธิภาพใช้งานได้ตามทฤษฎี ร้อยละ 100 และมีคุณภาพอยู่ในระดับดี
2. ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มคือกลุ่มสาขาช่างยนต์และกลุ่มสาขาช่างไฟฟ้าในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 มีความสามารถใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80

3. ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มคือกลุ่มสาขาช่างยนต์และกลุ่มสาขาช่างไฟฟ้าในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80

4. ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มคือกลุ่มสาขาช่างยนต์และกลุ่มสาขาช่างไฟฟ้าในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 มีเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์อยู่ในระดับดี

DEVELOPMENT OF A THEORETICALLY - APPLIED MOTOR AND GENERATOR  
EXPERIMENTAL SET FOR SCIENCE INSTRUCTION IN THE  
VOCATIONAL HIGH SCHOOL

AN ABSTRACT  
BY  
MONGKOL JONGSUPHUNPHONG

Presented in partial fulfillment of the requirement for the  
Master of Education degree in Science Education  
at Srinakharinwirot University

May 2000

Mongkol Jongsuphunphong. (2000). *Development of a Theoretically-Applied Motor and Generator Experimental Set for science Instruction in The Vocational High School*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School. Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr.Natthapong Charoenpit , Asst. Prof.Sawat Supboon.

This study was conducted under three objectives ; namely 1) to develop abilities of a theoretically applied motor and generator experimental set for science instruction in the vocational high school. 2) to study it's instructional utilization for science instruction 3) to study students' attitudes towards the experimental set.

To achieve the objectives, the investigation was conducted following the two steps ; namely 1) Making the experimental set on motor and generator. 2) Testing the experimental set on motor and generator for teaching and studying.

The quality of the set was tested by 7 experienced teachers followed by teaching experiment with two groups of students : One from the Automobile section and another from the Electricity section of Siam Institute of Technology, Bangkok in the second semester of 1999.

The findings of the study were as follows :

1) The experimental set manifested its theoretically functional effectiveness as 100 percent, it's quality was evaluated at the "good" level.

2) Both groups of students showed their abilities in utilizing the experimental set higher than the 80 percent criteria.

3) Both groups of students attained their cognitive achievement, when instructed by the assistance of the experimental set, at the level higher than the 80 percent criteria.

4) Both groups of students demonstrated towards the experimental set at the "good" level.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เพื่อเป็นชุดทดลอง  
ประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ของ

นายมงคล จงสุพรรณพงศ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)  
วันที่ 12 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม  
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม  
(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.สนอง ทองปาน และ ดร.สมปราชญ์ วังศ์บุญหนัก ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ดร.ทวีพล จูทะพล อาจารย์ธนพรหม เหมเชื้อ อาจารย์สุชาติ ศรีโสภารัตน์ อาจารย์สุริยัน บุพศิริ อาจารย์สมศักดิ์ ไชเหล็ก ที่ให้ความร่วมมือในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.เกษลย์ มงคลวนิช ผู้อำนวยการโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม ที่ให้ความช่วยเหลือให้เวลาในการศึกษาและเก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำเป็นขวัญและกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อโฮเต็กฮวง - คุณแม่ละมัย จงสุพรรณพงศ์ ที่เป็นขวัญและกำลังใจอย่างดียิ่งตั้งแต่ต้นจนสำเร็จการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ จากปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยมอบบูชาพระคุณแต่บิดา - มารดา ครู - อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่เป็นผู้วางรากฐานการศึกษาแก่ผู้วิจัย

มงคล จงสุพรรณพงศ์

## สารบัญ

| บทที่                                                            | หน้า |
|------------------------------------------------------------------|------|
| 1 บทนำ .....                                                     | 1    |
| ภูมิหลัง .....                                                   | 1    |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย .....                                    | 3    |
| ความสำคัญของการวิจัย .....                                       | 3    |
| ขอบเขตของการวิจัย .....                                          | 4    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ .....                                            | 5    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                           | 7    |
| เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ          |      |
| เยนเนอเรเตอร์ .....                                              | 7    |
| เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน .....                           | 27   |
| เอกสารที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทดแทนและสิ่งประดิษฐ์ทาง             |      |
| วิทยาศาสตร์ .....                                                | 36   |
| เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ..... | 43   |
| เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ .....                 | 45   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                      | 47   |
| สมมติฐานการวิจัย .....                                           | 48   |
| 3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า .....                                | 49   |
| การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....     | 49   |
| การกำหนดวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของ         |      |
| มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                                    | 51   |
| การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....     | 52   |
| การออกแบบวงจรและสร้างชุดควบคุมแสดงภูมิมือชาวฟาราเดย์ .....       | 60   |
| การเปรียบเทียบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์     |      |
| ที่มีอยู่เดิมกับผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น .....                       | 66   |
| การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ             |      |
| เยนเนอเรเตอร์ .....                                              | 68   |
| การประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ             |      |
| เยนเนอเรเตอร์ .....                                              | 68   |

| บทที่                                                                                 | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3 (ต่อ) การสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ .....  | 69   |
| การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลอง .....                                 | 70   |
| วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                          | 74   |
| 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                          | 75   |
| ผลการตรวจสอบหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                              | 75   |
| ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์<br>และเยนเนอเรเตอร์ .....       | 90   |
| ผลการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์<br>กับกลุ่มผู้เรียน ..... | 95   |
| 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ .....                                                 | 103  |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย .....                                                         | 103  |
| สมมติฐานของการวิจัย .....                                                             | 103  |
| วิธีการดำเนินการวิจัย .....                                                           | 103  |
| ผลการวิจัย .....                                                                      | 104  |
| อภิปรายผลการทดลอง .....                                                               | 104  |
| ข้อเสนอแนะ .....                                                                      | 106  |
| บรรณานุกรม .....                                                                      | 107  |
| ภาคผนวก .....                                                                         | 111  |
| ประวัติย่อผู้วิจัย .....                                                              | 186  |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                                                                                               | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงการเปรียบเทียบชั่วเหี่ยวชั่วไต้ของแม่เหล็กกับชั่วเหี่ยวชั่วไต้ของแม่เหล็กโลก .....                                | 7    |
| 2 แสดงการเรียงตัวของผงเหล็กที่เรียงตัวตามเส้นแรงแม่เหล็ก .....                                                          | 8    |
| 3 แสดงสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรเหนี่ยวนำให้แท่งเหล็กอ่อนเป็นแม่เหล็ก .....                                            | 8    |
| 4 แสดงชั่วแม่เหล็กที่ต่างกันจะดูดกัน .....                                                                              | 8    |
| 5 แสดงชั่วแม่เหล็กที่เหมือนกันจะผลักรัน .....                                                                           | 9    |
| 6 แสดงการนำแม่เหล็กแท่งหนึ่งมาวางใกล้แม่เหล็กที่แขวนไว้ แม่เหล็กที่แขวนไว้จะหมุน .....                                  | 9    |
| 7 แสดงแรงดูดและแรงผลักรันของชั่วแม่เหล็กเป็นแรงคู่ควบที่ทำให้เกิดการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า .....                              | 9    |
| 8 แสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง .....                                                                             | 10   |
| 9 แสดงปรากฏการณ์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ขดลวด .....                                  | 11   |
| 10 แสดงปรากฏการณ์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งแม่เหล็กอ่อนจะเกิดสนามแม่เหล็ก .....                     | 11   |
| 11 แสดงการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนชั่วของแม่เหล็กไฟฟ้า .....                                              | 12   |
| 12 แสดงผลเมื่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนทิศทางการไหลชั่วแม่เหล็กไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป .....                                           | 12   |
| 13 แสดงการหมุนแท่งแม่เหล็กถาวร แท่งแม่เหล็กจะยังคงหมุนอย่างต่อเนื่องในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าสลับ .....   | 13   |
| 14 แสดงความเร็วคงที่ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่หาได้จากความถี่ของแหล่งจ่ายไฟและจำนวนชั่วของมอเตอร์ .....                         | 14   |
| 15 แสดงการต่อลวดตัวนำต่อแบบวงจรปิดเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ .....                | 14   |
| 16 แสดงการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด ขณะที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดที่พันรอบแท่งเหล็กเริ่มต้นหรือสิ้นสุดลง ..... | 15   |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 17 | แสดงโรเตอร์กรงกระรอก .....                                                                                                                                                                                                                         | 16 |
| 18 | แสดงการทดลองการเหนี่ยวนำ .....                                                                                                                                                                                                                     | 17 |
| 19 | แสดงการนำขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก .....                                                                                                                                                                                                         | 18 |
| 20 | แสดงการใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่งเพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า .....                                                                                                                                                                    | 18 |
| 21 | แสดงผลของขดลวดสี่เหลี่ยมหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก .....                                                                                                                                                                                               | 19 |
| 22 | แสดงการหมุนขดลวดตามเข็มนาฬิกา .....                                                                                                                                                                                                                | 19 |
| 23 | กราฟแสดงกระแสเหนี่ยวนำในขดลวด .....                                                                                                                                                                                                                | 19 |
| 24 | แสดงตัวนำ 1 ขดหมุนผ่านสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอ และต่อไปยังขั้ววงแหวนผ่าซีก 2 ชิ้น .....                                                                                                                                                             | 21 |
| 25 | แสดงแรงเคลื่อนไฟตรงที่เป็นพัลส์ ซึ่งได้มาจากขั้ววงแหวนทั้ง 2 ที่ต่อกับตัวนำ 1 รอบ .....                                                                                                                                                            | 21 |
| 26 | แสดงไดนาโมจักรยาน .....                                                                                                                                                                                                                            | 22 |
| 27 | แสดงลักษณะกำเนิดกระแสสลับ .....                                                                                                                                                                                                                    | 23 |
| 28 | แสดงวิธีกำเนิดกระแสตรง .....                                                                                                                                                                                                                       | 24 |
| 29 | แสดงขดลวดแบบธรรมดา ๆ ที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก .....                                                                                                                                                                                               | 26 |
| 30 | แสดงความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....                                                                                                                                                                                                     | 43 |
| 31 | แสดงการต่อวงจร .....                                                                                                                                                                                                                               | 50 |
| 32 | แสดงหุ่นอเมเจอร์ไฟตรง (D.C.) .....                                                                                                                                                                                                                 | 52 |
| 33 | แสดงส่วนประกอบฐานติดตั้งมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่ใช้วัสดุพลาสติกใสหนา 6 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ขนาดตามแบบ .....                                                                                                                                     | 53 |
| 34 | แสดงอเมเจอร์ที่ประกอบขึ้นบนฐานยึด .....                                                                                                                                                                                                            | 54 |
| 35 | แสดงส่วนประกอบฐานติดตั้งมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ใช้พลาสติกหนา 6 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ตามแบบในภาพประกอบ ภายในจะติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (Transformer D.C.) ส่วนหน้าปัดติดแอมมิเตอร์ (Ammeter) มิลลิเมตร (Millimeter) และปลั๊กเสียบสายไฟฟ้า ..... | 55 |
| 36 | แสดงส่วนประกอบชุดอเมเจอร์และเครื่องวัดขนาดของแรงเข้ากับโครงสร้างฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์แอมมิเตอร์ ปลั๊กไฟฟ้า .....                                                                                                                           | 56 |
| 37 | แสดงชุดส่วนประกอบมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ .....                                                                                                                                                                                                     | 57 |
| 38 | แสดงนำชุดแม่เหล็กและตัวปรับแม่เหล็กประกอบเป็นมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์อยู่บนฐานหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง 6-12 โวลท์ .....                                                                                                                                | 58 |

|    |                                                                                   |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 39 | แสดงด้านหลังของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบด้วยพูลเลย์ช่วยแรงขับ<br>และตาม ..... | 59 |
| 40 | แสดงส่วนประกอบชุดควบคุมแสดงกฎมือขวาของฟาราเดย์ .....                              | 61 |
| 41 | แสดงส่วนประกอบจอภาพแสดงทฤษฎีหลักการทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ .....      | 62 |
| 42 | แสดงจอภาพที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว .....                                             | 63 |
| 43 | แสดงแบบโครงสร้างของฐานติดตั้งมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์พร้อมจอภาพ ..                 | 64 |

## บัญชีตาราง

| ตาราง |                                                                                                                               | หน้า |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1     | แสดงการเปรียบเทียบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ .....                                                    | 66   |
| 2     | แสดงผลการตรวจสอบการทดลองของชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์ .....                                                           | 75   |
| 3     | แสดงผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดทดลองหลักการ<br>ทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                              | 90   |
| 4     | แสดงผลการประเมินลักษณะการใช้งานของชุดทดลองหลักการ<br>ทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                                    | 91   |
| 5     | แสดงผลการประเมินการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดทดลอง<br>หลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                         | 92   |
| 6     | แสดงผลการประเมินความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียน<br>การสอนของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์...         | 93   |
| 7     | แสดงผลการทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                                                                    | 95   |
| 8     | แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                                | 97   |
| 9     | แสดงผลการสอบถามเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                                   | 98   |
| 10    | แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัด<br>ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .. | 182  |
| 11    | แสดงค่า p,q และ pq ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลักการ<br>ทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                       | 183  |
| 12    | แสดงค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบทดสอบวัดเจตคติต่อชุดทดลองหลักการ<br>การทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ .....                      | 184  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งปัจจัยหนึ่งในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่จะนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์นั้น มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นองค์ความรู้และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ ดังนั้นการเรียนรู้อุทยานวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ผู้เรียนควรได้รับการปลูกฝังให้เกิดการเรียนรู้ทั้ง 2 ส่วนนี้ เพื่อส่งผลให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และทำให้สามารถปรับตัวอยู่ในสังคมได้อย่างดี (วีระชาติ ส่วนไพรินทร์. 2531 : 34)

วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติและสามารถค้นคว้าหาข้อเท็จจริงอย่างมีเหตุผลและเป็นพื้นฐานของการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ คอมพิวเตอร์และการสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่ใช้ในการอุตสาหกรรม นับว่ามีความเกี่ยวข้องกับวิทยาการและงานวิจัยขั้นสูงทางฟิสิกส์เป็นอย่างมาก แต่เป็นที่น่าเสียดายที่เทคโนโลยีเหล่านี้ส่วนมากต้องสั่งซื้อโดยตรงมาจากประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยที่นักฟิสิกส์ไทยเกือบไม่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือช่วยเหลือในการพัฒนาหรือสร้างเทคโนโลยีเหล่านั้น

สภาพดังกล่าวน่าจะเกิดขึ้นจากการสอนฟิสิกส์ที่ด้อยประสิทธิภาพ ซึ่งมีสาเหตุหลายประการ สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งคือ การขาดแคลนอุปกรณ์การสอนที่มีคุณภาพ ดังที่สมนึก บุญพาไสว (2534 : 19 – 21) ได้ให้ข้อสังเกตได้ว่า การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเน้นการแก้ปัญหาโจทย์แบบฝึกหัดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการคิดคำนวณ โดยละเว้นการสอนให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่จะนำไปสู่การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจอย่างแท้จริง จึงทำให้การเรียนการสอนส่วนใหญ่ประสบความล้มเหลว ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจผิดทางฟิสิกส์ที่คลาดเคลื่อน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไม่บรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้และประสบปัญหา นักเรียนสอบไม่ผ่านวิชาฟิสิกส์เป็นจำนวนมาก

ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านมโนคติได้ดีแนวทางหนึ่งคือการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นหาหรือ

สืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนไม่เคยรู้มาก่อน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ สิ่งที่นักเรียนค้นพบอาจจะเป็นการค้นพบใหม่ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ หรือการค้นพบหลักการ กฎทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531 : 502)

ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ที่เน้นการสอนเนื้อหา โดยวิธีสอนที่ยึดครูเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการบรรยายเป็นส่วนใหญ่และมุ่งสอนในเรื่องการแก้ปัญหาโจทย์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์มากกว่าสอนให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดก่อน จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางฟิสิกส์ที่คลาดเคลื่อนไป ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ สื่อการสอนและจัดกิจกรรมสร้างความสนใจให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อให้เกิดมโนคติ เพราะสื่อการสอนบางอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อประเภทโสตทัศนูปกรณ์ จะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงประสบการณ์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรมได้โดยง่าย นอกจากนี้ ยังทำให้บทเรียนน่าสนใจ เรียนด้วยความสนุกสนาน ช่วยทุ่นเวลาในการเรียนการสอน นักเรียนเรียนรู้ได้เร็วขึ้น และสามารถสร้างมโนคติได้ง่ายขึ้น (วิชัย ดิสสระ. 2533 : 149)

ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพคือ การขาดแคลนอุปกรณ์การสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา ซึ่งจากการสำรวจความต้องการของครูวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์และสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มนตรี คุ่มเกตู (2537 : 80 - 84) พบว่า ครูวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ส่วนใหญ่ (เฉลี่ยร้อยละ 24.17 - 55.83) มีปัญหาในการสอนเพราะการขาดสื่อการสอน โดยเฉพาะ เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า ครูมีความต้องการสื่อถึงร้อยละ 75.83 และวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพส่วนใหญ่ เฉลี่ยร้อยละ 28.70 - 40.00 คือ การขาดสื่อการสอน

สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พบว่า การสอนหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ เป็นเรื่องหนึ่งที่นักเรียนเข้าใจได้ยาก เนื่องจากสื่อที่ใช้ในการทดลองที่มีอยู่ไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เพราะการออกแบบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่มีอยู่เดิมแตกต่างจากรูปแบบของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่ใช้งานอยู่จริงลักษณะของรูปแบบไม่เป็นไปตามแบบที่ถูกต้องของเครื่องกล จึงทำให้ขณะทำการทดลองเกิดการสั่น อันสืบเนื่องมาจากใช้ชุดลวดที่มีเมเจอร์เพียงชุดเดียว จึงขาดความสมดุลขณะที่เมเจอร์หมุนจึงทำให้เกิดการชำรุดได้ง่าย นอกจากนั้นกลไกที่นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชุดลวดเมเจอร์ใช้โลหะสัมผัสกับโลหะด้วยกัน จึงทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดประกายไฟจึงทำให้จุดสัมผัสชำรุดได้ง่ายและเป็นอันตราย เนื่องจากการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมในงานเครื่องกล

จากเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้คิดพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ให้มีรูปแบบเหมือนมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์จริงมากที่สุด เพื่อช่วยให้

นักเรียนได้เข้าใจในทฤษฎีกฎมือขวาของ ไมเคิล ฟาราเดย์กล่าวคือเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดต่อเมเจอร์ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงกระทำต่อขดลวดนั้นและหลักการเหนี่ยวนำของขดลวดที่เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กแล้วเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดมาประยุกต์ใช้อธิบายหลักพื้นฐานการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ถูกต้อง และนักเรียนสามารถเอาไปประยุกต์ใช้กับการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่ใช้ทางด้านช่างทั่ว ๆ ไปได้

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์
3. เพื่อศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะได้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ รวมทั้งทราบถึงผลการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าวในการพัฒนาผลการเรียนวิทยาศาสตร์ ด้านผลสัมฤทธิ์และเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ดังกล่าว ผลการวิจัยในส่วนของการได้ผลิตภัณฑ์จะใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป ส่วนผลการวิจัยทางด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนและผู้เกี่ยวข้องในการใช้เป็นแนวทางในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เรียนวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสมต่อไป

## ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตในแต่ละช่วงของการวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตในช่วงการพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ  
เยนเนอเรเตอร์

1.1 การสร้างชุดทดลองจะสร้างตามแบบแนวของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่ใช้  
งานจริงแล้วทำการตรวจสอบหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ในขอบเขตของเนื้อหา  
หาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.2 นำชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไปใช้กับ  
นักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม กรุงเทพฯ

1.3 ทำการทดลองเป็นรายบุคคลตามลำดับขั้นของหลักการทำงานของมอเตอร์  
และเยนเนอเรเตอร์

2. ขอบเขตการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์  
ประกอบการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

### 2.1 แหล่งข้อมูล

2.1.1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เป็นครูผู้สอนที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชา  
วิทยาศาสตร์หรือวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหาไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 กลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มนักเรียนสาขาช่างยนต์และกลุ่มนักเรียนสาขาช่าง  
ไฟฟ้า ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม กรุงเทพมหานคร จำนวน 18  
คน แยกเป็นสาขาช่างยนต์ จำนวน 9 คน และสาขาช่างไฟฟ้าจำนวน 9 คน โดยแต่ละสาขา  
เป็นนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนดี (เกรด 3.00 ขึ้นไป) จำนวน 3 คน ระดับผลการเรียน  
ปานกลาง (เกรด 2.50 – 2.99) จำนวน 3 คน และระดับผลการเรียนอ่อน (เกรดต่ำกว่า 2.50)  
จำนวน 3 คน

### 2.2 ตัวแปรที่ศึกษา

2.2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลองโดย  
กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ในเนื้อหาวิชาไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาที่  
เกี่ยวข้องประกอบด้วย

2.2.1.1 ลักษณะทางกายภาพทั่ว ๆ ไป

2.2.1.2 ลักษณะการใช้งาน

2.2.1.3 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม

2.2.1.4 ความเหมาะสมขั้นการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

2.2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาการใช้งานทางการสอนกับกลุ่มตัวอย่างผู้เรียน ประกอบด้วย

2.2.2.1 ความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์

2.2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- ด้านความรู้ความจำ
- ด้านความเข้าใจ
- ด้านการนำไปใช้
- ด้านการเสาะแสวงหาความรู้

2.2.2.3 เจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ทำการทดลองนอกเวลาเรียน 3 สัปดาห์ ๆ ละ 2 วัน ๆ ละ 150 นาที ในภาคเรียนที่ 2 เดือนธันวาคม ปีการศึกษา 2542

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ หมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ทดแทนสำหรับทำการทดลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เรื่อง หลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ ชุดทดลองดังกล่าวมีลักษณะพิเศษคือสามารถมองเห็นชิ้นส่วนทุกชิ้นของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ในระหว่างทำการทดลอง รวมทั้งใช้สาธิตแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสูตรการคำนวณ  $F = ILBSIN$  ได้

2. วิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง 2533)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การเสาะแสวงหาความรู้ ในการวิจัยครั้งนี้วัดผลสัมฤทธิ์โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามเนื้อหาหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. เจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ หมายถึง ความรู้สึกที่แสดงออกทางใดทางหนึ่งในลักษณะเห็นด้วย เป็นกลาง หรือไม่เห็นด้วยโดยใช้คุณค่าทางสติปัญญาและทางอารมณ์ของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ในการวิจัยครั้งนี้วัดได้ด้วยแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

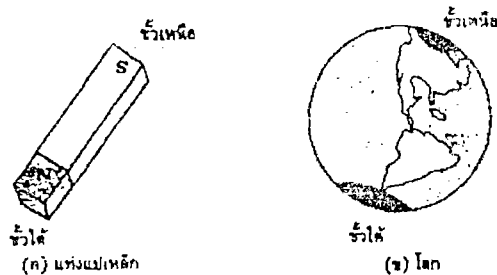
#### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะนำเสนอมีหัวข้อดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับ ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทดแทนและสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

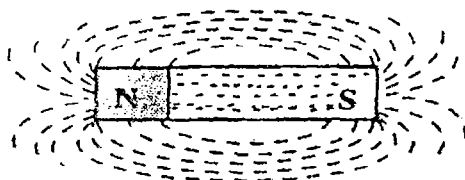
##### ก. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า

ในวิทยาการด้านแม่เหล็กไฟฟ้ากล่าวได้ว่าโลกมีสภาพเป็นแม่เหล็กแท่งหนึ่ง โดยขั้วเหนืออยู่ทางทิศใต้ที่ได้อยู่ทางทิศเหนือ ดังการอุปมาตามภาพประกอบ 1



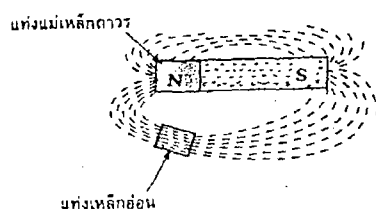
ภาพประกอบ 1 แสดงการเปรียบเทียบขั้วเหนือขั้วใต้ของแม่เหล็กกับขั้วเหนือขั้วใต้ของแม่เหล็กโลก

ขั้วเหนือจะส่งเส้นแรงแม่เหล็กไปยังขั้วใต้ เส้นแรงแสนามแม่เหล็กที่มองไม่เห็นเส้นแรงแสนามแม่เหล็กดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นได้โดยการวางแท่งแม่เหล็กถาวรไว้ใต้แผ่นแก้วหรือแผ่นกระดาษที่ด้านบนโรยด้วยผงเหล็ก แล้วเคาะแผ่นแก้วหรือแผ่นกระดาษเบา ๆ ผงเหล็กจะเรียงตัวกันไปตามทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงการเรียงตัวของผงเหล็กที่เรียงตัวตามเส้นแรงแม่เหล็ก

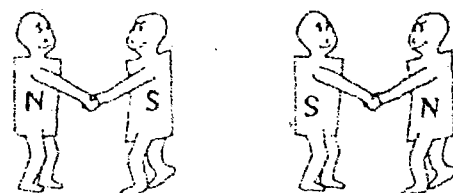
ถ้าวางแท่งเหล็กอ่อนไว้ในสนามแม่เหล็ก แท่งเหล็กอ่อนจะถูกเหนี่ยวนำให้มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่าการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก



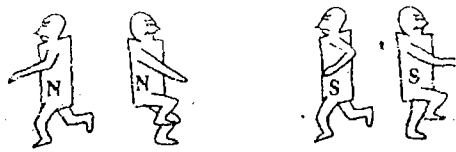
ภาพประกอบ 3 แสดงสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรเหนี่ยวนำให้แท่งเหล็กอ่อนเป็นแม่เหล็ก

## ข. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า

ถ้านำแท่งแม่เหล็กถาวรสองแท่งมาใกล้กันมันจะดูดหรือผลักกัน โดยขั้วที่ต่างกันจะดูดกันและขั้วที่เหมือนกันจะผลักกัน ดังภาพประกอบ 4 และ 5



ภาพประกอบ 4 แสดงขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันจะดูดกัน

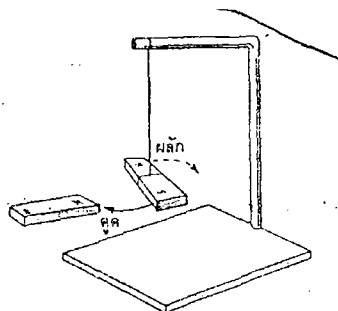


ภาพประกอบ 5 แสดงขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันจะผลักรัน

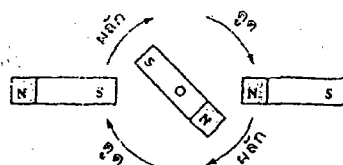
ขนาดของแรงที่ดูดและผลักรัน สามารถหาได้จากสมการ

$$\frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

ถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กไว้ให้หมุนได้รอบตัวและถ้านำเอาแม่เหล็กอีกแท่งหนึ่งมาวางไว้ใกล้ ๆ แท่งแม่เหล็กที่แขวนอยู่เริ่มหมุน ปรากฏการณ์นี้แสดงหลักการพื้นฐานที่สำคัญที่สุดข้อหนึ่งในการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะแรงดูดและแรงผลักรันดังกล่าวของสนามแม่เหล็กจะถูกเปลี่ยนเป็นการหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้า กล่าวคือ ขั้วแม่เหล็กจะทำให้เกิดการหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้า



ภาพประกอบ 6 แสดงการนำแม่เหล็กแท่งหนึ่งมาวางใกล้แม่เหล็กที่แขวนไว้ แม่เหล็กที่แขวนไว้จะหมุน



ภาพประกอบ 7 แสดงแรงดูดและแรงผลักรันของขั้วแม่เหล็กเป็นแรงคู่ควบที่ทำให้เกิดการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า

ค. แรงกระทำให้บนเส้นลวดตัวนำที่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่อลวด ตัวนำและทิศทางการหมุนหาได้ตาม กฎมือขวาคือ งอนิ้วทั้งสี่ของมือขวาจาก  $I$  ไป  $B$  นิ้วหัวแม่มือจะแสดงทิศทางการของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำ และถ้าทำการทดลองโดยละเอียดต่อไปจะพบว่าขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลในลวดตัวนำ ความยาวของลวดตัวนำส่วนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กและขนาดของสนามแม่เหล็ก ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$F = ILB \sin \theta$$

เมื่อ

$F$  คือ ขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำ มีหน่วยเป็นนิวตัน

$I$  คือ ปริมาณกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์

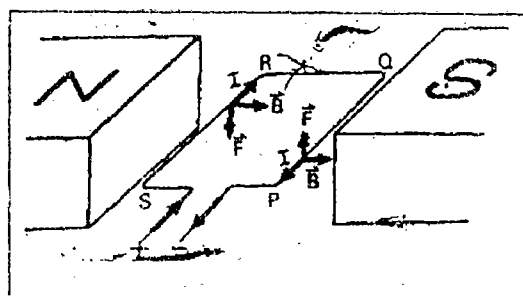
$L$  คือ ความยาวของลวดตัวนำ มีหน่วยเป็นเมตร

$B$  คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเทสลา

$\theta$  คือ มุมที่ทิศสนามแม่เหล็กกระทำกับขดลวดต่อเมเจอร์มีหน่วยเป็นองศา

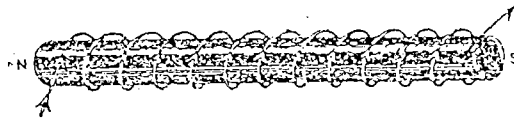
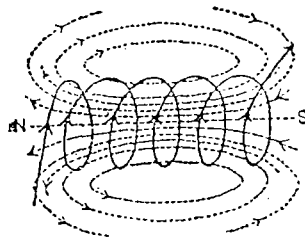
ง. แรงกระทำให้บนขดลวดสี่เหลี่ยมที่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

ถ้าให้ไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมที่อยู่ในสนามแม่เหล็กก็จะมีแรงกระทำต่อส่วนของขดลวดช่วง PQ และ RS ทำนองเดียวกับแรงที่กระทำบนเส้นลวดตามการทดลอง



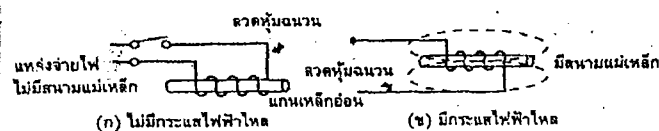
ภาพประกอบ 8 แสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อขดลวดด้าน PQ และ RS ขนานกันแต่มีทิศตรงกันข้าม ถ้าพันขดลวดหลาย ๆ รอบแล้ววางในสนามแม่เหล็ก เมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงให้ไหลเข้าทาง PQ และไหลออกทาง RS แรงที่กระทำทางขดลวดด้าน PQ กับแรงที่กระทำทางขดลวดด้าน RS จะขนานกันแต่มีทิศตรงข้ามโดยขนาดของแรงที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบของขดลวด กล่าวได้ว่า มีแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ไม่ว่าขดลวดจะหมุนไปอยู่ ณ ตำแหน่งใด แรงคู่ควบจะทำให้ขดลวดหมุนในทิศเดิมขดลวดจึงหมุนได้ต่อเนื่อง หลักการที่กล่าวมานี้ก็คือ หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน



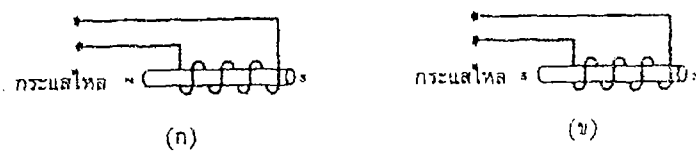
ภาพประกอบ 9 แสดงปรากฏการณ์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ขดลวด

จากภาพประกอบ 9 เส้นลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีสนามแม่เหล็กอยู่รอบเส้นลวดนั้นตามกฎของแอมแปร์ ความเข้มของสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวดอ่อนมาก แต่ถ้านำเส้นลวดที่หุ้มฉนวนมาพันรอบ ๆ แท่งเหล็กอ่อน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เข้มและแรงกว่าแม่เหล็กถาวร ความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดและปริมาณกระแสที่ไหลผ่านขดลวดนั้น



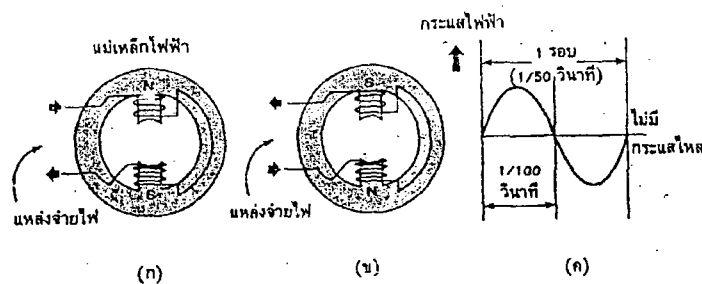
ภาพประกอบ 10 แสดงปรากฏการณ์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กอ่อนจะเกิดสนามแม่เหล็ก

แม่เหล็กไฟฟ้ามีข้อได้เปรียบมากกว่าแม่เหล็กถาวรอยู่หลายอย่าง แม่เหล็กอ่อนจะเกิดแม่เหล็กเฉพาะเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเท่านั้น ขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดกลับกันได้เมื่อกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวด ดังภาพประกอบ 11 แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้า เนื่องจากช่วยให้เกิดสนามแม่เหล็กที่จำเป็นต่อการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า



ภาพประกอบ 11 แสดงการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้า

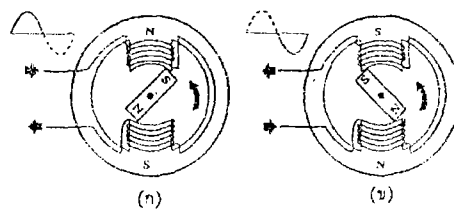
มอเตอร์เหนี่ยวนำจะประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่หมุนเรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) สเตเตอร์ทำจากแผ่นเหล็กอ่อนหรือเหล็กกล้าบาง ๆ ซ้อนกันหลาย ๆ แผ่น เพื่อให้เห็นง่าย ๆ จะแสดงสเตเตอร์ที่มีสองขั้ว ถ้าพันสเตเตอร์ด้วยเส้นลวดที่หุ้มฉนวนจะได้แม่เหล็กไฟฟ้าสองขั้ว เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าสลับความถี่ 50 รอบต่อวินาทีเข้าไปในเส้นลวดสเตเตอร์ดังกล่าว จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขั้วแม่เหล็กสลับกันไปมา 100 ครั้งต่อวินาที คือเปลี่ยนขั้วทุก ๆ ครึ่ง ที่มีการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า



ภาพประกอบ 12 แสดงผลเมื่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนทิศทางการไหลขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป

### จ. หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้า

ถ้าติดตั้งแท่งแม่เหล็กถาวรไว้ที่จุดกึ่งกลางของแม่เหล็ก แล้วหมุนแท่งแม่เหล็ก ขณะที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าสลับ 50 รอบต่อวินาทีเข้าขดลวดของสเตเตอร์ แท่งแม่เหล็กถาวรหรือโรเตอร์จะยังคงหมุนอยู่ต่อไป เนื่องจากการดูดและการผลักกันระหว่างขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์และขั้วแม่เหล็กถาวรของโรเตอร์ ได้ดังนี้



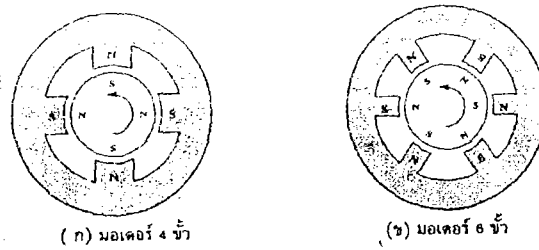
ภาพประกอบ 13 แสดงการหมุนแท่งแม่เหล็กถาวร แท่งแม่เหล็กจะยังคงหมุนอย่างต่อเนื่องในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าสลับ

ในตอนเริ่มต้นขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์ด้านบนจะเป็นขั้วเหนือส่วนด้านล่างจะเป็นขั้วใต้ ขั้วใต้ของโรเตอร์จะถูกดูดโดยขั้วเหนือของสเตเตอร์ ในขณะเดียวกันก็ถูกผลักโดยขั้วใต้ของสเตเตอร์เช่นกัน ในเวลาเดียวกันขั้วเหนือของโรเตอร์จะถูกดูดโดยขั้วใต้และถูกผลักโดยขั้วเหนือของสเตเตอร์ ดังนั้นจึงมีแรงผลักและแรงดึงดูดกระทำบนโรเตอร์ เนื่องจากขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์ก่อนที่โรเตอร์จะมาหยุดอยู่ในแนวขั้วเหนือและขั้วใต้ของสเตเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับก็เปลี่ยนทิศการไหลเป็นตรงข้ามและขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์ก็เปลี่ยนสลับกันแรงเฉื่อยจะทำให้โรเตอร์หมุนผ่านจุดกึ่งกลาง และขั้วด้านบนของสเตเตอร์ซึ่งขณะนี้กลายเป็นขั้วใต้จะผลัก ขั้วใต้ของโรเตอร์และดูดขั้วเหนือของโรเตอร์ ในขณะเดียวกันขั้วเหนือทางด้านล่างของสเตเตอร์ก็จะผลักขั้วเหนือของโรเตอร์และดูดขั้วใต้ของโรเตอร์ ดังนั้นแรงผลักดึงดูดจึงเกิดขึ้นต่อเนื่องทำให้ โรเตอร์ยังคงหมุนอยู่ โรเตอร์จะปรับตัวให้หมุนด้วยความเร็วที่ 50 รอบต่อวินาทีหรือเท่ากับ 3,000 รอบต่อนาที ซึ่งความเร็วรอบดังกล่าวเป็นความเร็วทางทฤษฎี และเรียกกันว่า ความเร็วซิงโครนัส ความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์ไฟฟ้าหาได้จากสูตรดังนี้คือ

$$\text{ความเร็วซิงโครนัส} = \frac{120 \times \text{ความถี่ของกระแสไฟฟ้า}}{\text{จำนวนขั้วมอเตอร์}}$$

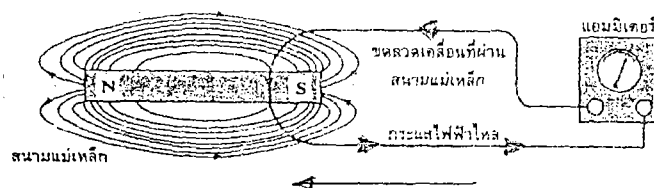
$$\text{เช่น สำหรับมอเตอร์ 4 ขั้ว} = \frac{120 \times 50}{4} = 1,500 \text{ รอบ/นาที}$$

$$\text{สำหรับมอเตอร์ 6 ขั้ว} = \frac{120 \times 50}{6} = 1,000 \text{ รอบ/นาที}$$



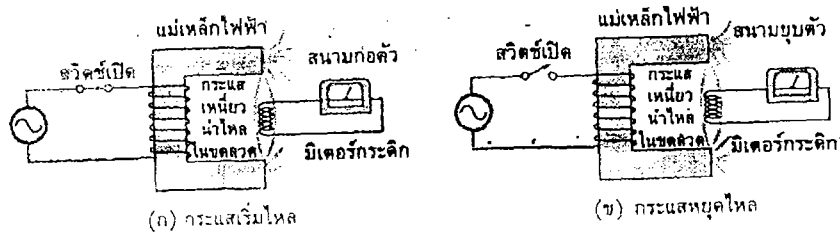
ภาพประกอบ 14 แสดงความเร็วคงที่ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่หาได้จากความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ และจำนวนขั้วของมอเตอร์

หลักการพื้นฐานของสนามแม่เหล็กอีกข้อหนึ่งคือ กฎของฟาราเดย์เมื่อเส้นลวดตัวนำไฟฟ้าที่ต่อกันแบบวงจรปิดเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้า ในลักษณะที่ตัดกับเส้นแรงของสนามแม่เหล็ก จะมีการเหนี่ยวนำให้เกิดความต่างศักย์ในเส้นลวดและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในทำนองกลับกัน ถ้าเคลื่อนเส้นแรงของสนามแม่เหล็กตัดผ่านเส้นลวดที่อยู่กับที่ก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดดังกล่าวเช่นกัน



ภาพประกอบ 15 แสดงการต่อลวดตัวนำต่อแบบวงจรปิดเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงของสนามแม่เหล็ก จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ

### ฉ. กระแสเหนี่ยวนำในขดลวดของโรเตอร์

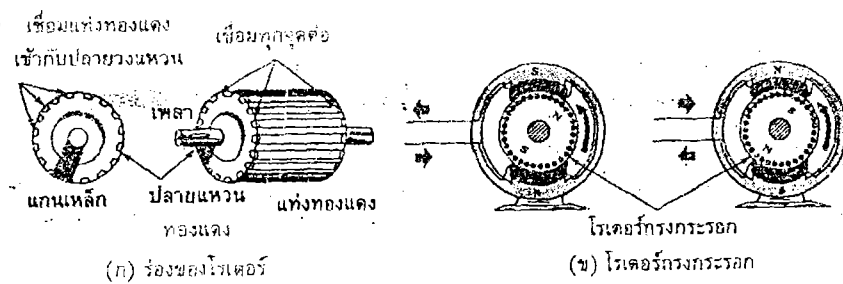


ภาพประกอบ 16 แสดงการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด ขณะที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดที่พันรอบแท่งเหล็กเริ่มต้นหรือสิ้นสุดลง

ภาพประกอบ 16 แสดงขดลวดที่วางไว้ระหว่างขั้วสองขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้ารูปตัวยู เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดของแม่เหล็กไฟฟ้า เส้นแรงของสนามแม่เหล็กจะตัดผ่านขดลวด ถ้าขดลวดต่อแบบวงจรปิดจะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลผ่านขดลวดดังกล่าว เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดของแม่เหล็กไฟฟ้าหยุดไหลก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด เนื่องจากมีสนามแม่เหล็กเคลื่อนตัดผ่านขดลวดดังกล่าว และจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดวงจรปิดดังกล่าว ยกเว้นในกรณีที่กระแสไฟฟ้าในเส้นลวดเริ่มไหลหรือหยุดไหลเท่านั้น

ถ้าจ่ายกระแสสลับ 50 รอบต่อวินาทีให้กับแม่เหล็กไฟฟ้า จะเกิดการก่อตัวและสลายตัวของสนามแม่เหล็กสลับกันไปทุก ๆ รอบหรือ 100 ครั้งต่อวินาที ในลักษณะเดียวกันจะมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 50 รอบต่อวินาทีในขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กดังกล่าว กระบวนการนี้ เรียกว่า การเหนี่ยวนำ เพราะไม่มีการต่อถึงกันระหว่างขดลวดทั้งสอง

ถ้าแทนที่โรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวรด้วยโรเตอร์ที่ใช้งานกันจริง ๆ เรียกโรเตอร์ชนิดนี้ว่า โรเตอร์กรงกระรอก เนื่องจากมันเหมือนกรงที่ใช้สำหรับให้กระรอกออกกำลังกาย โรเตอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ เป็นร่อง ๆ ซ้อนกันเหมือนกับของสเตเตอร์ ร่องของโรเตอร์จะปิดทับด้วยแฉ่งเปลือยของทองแดง ทองเหลือง หรืออะลูมิเนียมซึ่งถูกเชื่อมปิดปลายทั้งสองด้านด้วยวงแหวนลวดวงจรและไม่มีฉนวนระหว่างแท่งโลหะและแกนโรเตอร์ ทั้งนี้เนื่องจากความต่างศักย์ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในแท่งโลหะเหล่านี้มีค่าต่ำมาก



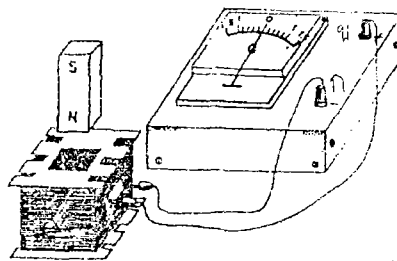
ภาพประกอบ 17 แสดงโรเตอร์ทรงกระบอก

ถ้าให้โรเตอร์นี้หมุนอยู่ในสเตเตอร์ แล้วจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 50 รอบต่อวินาทีให้กับขดลวดของสเตเตอร์ การก่อตัวและการสลายตัวของสนามแม่เหล็ก เนื่องจากสเตเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในแท่งโลหะของโรเตอร์เนื่องจากมันตัดผ่านสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์ กระแสไฟฟ้าเหล่านี้จะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กภายในโรเตอร์ ในลักษณะที่ตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสเตเตอร์

เนื่องจากโรเตอร์ถูกจับหมุน โมเมนตัมของโรเตอร์จะเพิ่มขึ้นโดยสนามแม่เหล็กที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในตัวของมันเองและมอเตอร์ก็จะหมุนต่อไป โรเตอร์จะค่อย ๆ เพิ่มความเร็วจนกระทั่งมันหมุนอยู่ที่เกือบจะทำมุม  $180^\circ$  กับสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์ ความเร็วที่แท้จริงของมอเตอร์จะต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสอยู่เล็กน้อย เพราะถ้าโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่ากับสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์ก็จะมีกระแสไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำขึ้นในโรเตอร์เนื่องจากแท่งโลหะของโรเตอร์ไม่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กของสเตเตอร์ ความเร็วที่ต่างกันเรียกว่า สลิป ยิ่งมีสลิปมากก็ยิ่งมีการตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กมาก มีผลให้กระแสเหนี่ยวนำในโรเตอร์ก็ยิ่งสูงทำให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่สูงขึ้น เมื่อมอเตอร์หมุนเร็วขึ้นเส้นแรงของแม่เหล็กที่ถูกตัดผ่านจะน้อยลง กระแสไฟฟ้าและจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กในโรเตอร์จะน้อยลงทำให้โรเตอร์หมุนช้าลง ดังนั้น ความเร็วที่แท้จริงของมอเตอร์จะสมดุลและอยู่ระหว่างแนวโน้มของความเร็วดังกล่าว ซึ่งจะต่างกันอยู่ระหว่าง 4 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วซิงโครนัส ความเร็วคงที่ของมอเตอร์จึงหาได้จากความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับ จำนวนขั้วของมอเตอร์ และเปอร์เซ็นต์ของการสลิป

## ข. การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

หลังจากเออร์สเตดพบว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กต่อมานักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ จึงพยายามค้นคว้าปรากฏการณ์ในทางกลับกัน คือถ้ามีสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในเส้นลวดตัวนำบ้างได้หรือไม่ จนกระทั่ง ในปี ค.ศ. 1831 (พ.ศ. 2374) ไมเคิล ฟาราเดย์ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ จึงได้พบว่าสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในตัวนำได้เช่นเดียวกัน

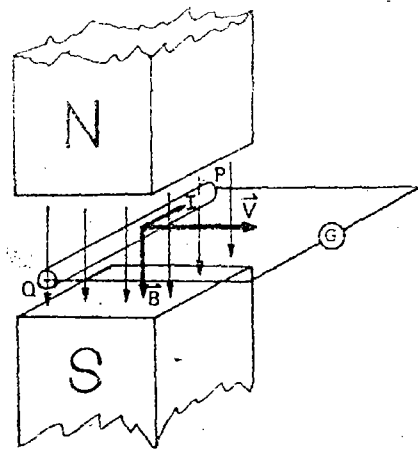


ภาพประกอบ 18 แสดงการทดลองการเหนี่ยวนำ

จะเห็นได้ว่า เมื่อเคลื่อนที่ขั้วใดขั้วหนึ่งของแท่งแม่เหล็กเข้าหรือออกจากขดลวดทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวด กระแสไฟฟ้านี้เราเรียกว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำนอกจากจะขึ้นอยู่กับทิศการเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กแล้วยังขึ้นอยู่กับชนิดของขั้วแม่เหล็กด้วย

ถ้ากัลวานอมิเตอร์ที่ใช้เป็นกัลวานอมิเตอร์ที่เข็มเบนไปทางขวาเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าทางขั้ว ข และออกทางขั้ว ก เมื่อนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนเข้าสู่ขดลวด จะพบว่าเข็มของกัลวานอมิเตอร์จะเบน

ไฮน์ริช เฮอร์เชล นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ทำการทดลองและศึกษาปรากฏการณ์นี้โดยละเอียดและสรุปเป็นกฎว่า การเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กเข้าหรือออกจากขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในทิศทางที่ก่อให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก ดังนั้นการเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กขั้วเหนือเข้าขดลวดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีทิศที่จะทำให้ปลายขดลวดด้านนั้นมีสภาพเป็นขั้วเหนือเพื่อเกิดแรงผลักรวมแล้วกล่าวได้ว่าลวดตัวนำ PQ เป็นเสมือนเซลล์ไฟฟ้าที่มี P และ Q เป็นขั้วไฟฟ้า เมื่อต่อวงจรเข้ากับขั้ว P และ Q จะมีกระแสไหลในวงจร



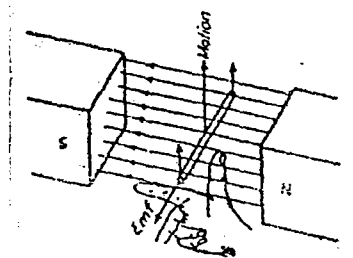
ภาพประกอบ 19 แสดงการนำขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับประกอบด้วยขดลวดสี่เหลี่ยมพันรอบแกนที่หมุนได้ โดยมีปลายต่ออยู่กับวงแหวนทองเหลืองปลายละวง ขดลวดนี้วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือได้ดังภาพประกอบ 19 เมื่อมีพลังงานจากภายนอกมาหมุนขดลวดให้ตัดสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ปลายทั้งสองของขดลวดนั้น เมื่อต่อวงจรให้ครบก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลได้ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองของขดลวดนี้ก็คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า ของเครื่องกำเนิดกระแสดไฟฟ้านั่นเอง

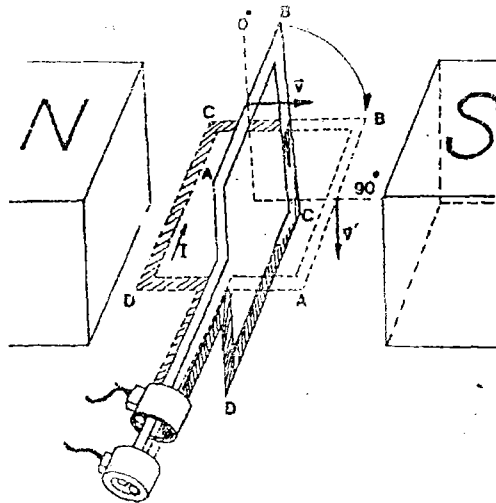
แรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใด ๆ จะมากหรือน้อยนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของสนามแม่เหล็ก จำนวนรอบของขดลวด ความเร็วในการหมุนขดลวดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งระนาบของขดลวดในสนามแม่เหล็กนั้นด้วย

#### ข. ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ

ทิศทางนี้หาได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิง (Fleming's Right Hand Rule) กฎนี้ใช้สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น วิธีการหามีดังนี้ ให้กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางออก โดยให้ทั้ง 3 นิ้วต่างก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน กำหนดให้นิ้วชี้ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก (จาก N S) และให้หัวแม่มือชี้ไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ ณ ที่แห่งนั้น ๆ ที่ผ่าน ในสนามแม่เหล็กก็จะได้นิ้วกลางชี้ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในตัวนำของตัวนำนั้น (ดูภาพประกอบ 20 )



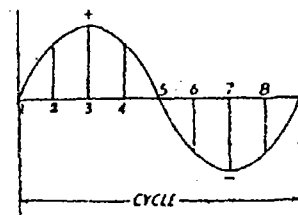
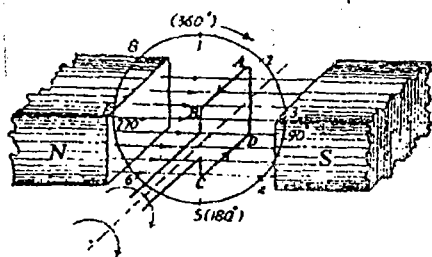
ภาพประกอบ 20 แสดงการใช้กฎมือขวาของเฟลมมิงเพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า



ภาพประกอบ 21 แสดงผลของขดลวดสี่เหลี่ยมหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก

ขณะที่ขดลวดอยู่ ณ ตำแหน่ง  $0^\circ$  ถ้าแทนทิศการเคลื่อนที่ของลวด AB ด้วย  $v$  ตามรูปทิศของ  $v$  จะอยู่ในแนวนอนหรือทำมุม  $0^\circ$  กับทิศของสนามแม่เหล็กแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วงแหวนจะเป็นศูนย์ แต่ถ้าขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม  $90^\circ$   $v$  จะหมุนไปอยู่ในแนว  $v$  ซึ่งทิศของ  $v$  ทำมุม  $90^\circ$  กับทิศของสนามแม่เหล็ก เมื่อใช้กฎมือขวาจะพบว่ามีการเสไฟฟ้าไหลจากปลาย B ไป A แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วงแหวนจะสูงสุด เริ่มจากให้ขดลวดอยู่ในตำแหน่ง  $0^\circ$  และหมุนไปในสนามแม่เหล็กอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ

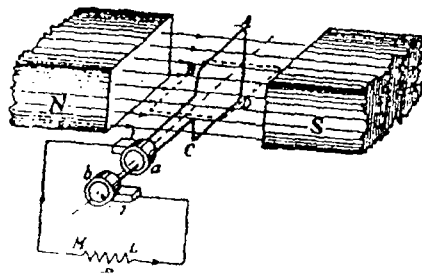
#### ณ. การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



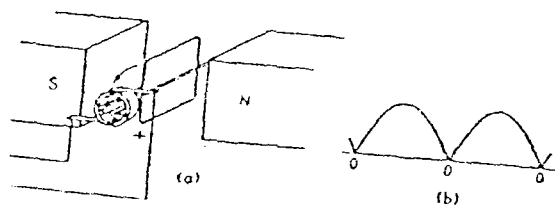
ภาพประกอบ 22 แสดงการหมุนขดลวดตามเข็มนาฬิกา ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงกระแสเหนี่ยวนำในขดลวด

ดูภาพประกอบ 22 เมื่อตัวนำ AB วิ่งตามเข็มนาฬิกาจากตำแหน่ง 1 ไปยัง 3 นั้นทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นจากค่าที่ต่ำสุดหรือศูนย์จนกระทั่งถึงค่าสูงสุด ที่จุด 1 นี้ อัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยเวลาเท่ากับศูนย์ หรือพูดง่าย ๆ ว่า ตัวนำนั้นวิ่งขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก จึงไม่เกิดการตัดกันระหว่างตัวนำกับเส้นแรงแม่เหล็ก ทั้ง ๆ ที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่มีเส้นแรงแม่เหล็กตัวนำมากที่สุด นั่นก็คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์แต่ที่ตำแหน่ง 3 นั้นตรงกันข้ามกับตำแหน่ง 1 ทั้งนี้เพราะที่จุดนี้มีเส้นแรงแม่เหล็กต่ำที่สุดหรือเท่ากับศูนย์แต่กลับมีการตัดของเส้นแรงแม่เหล็กกับตัวนำมากที่สุด นั่นก็คือมีการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นในตัวนำ AB มีค่าสูงสุด ดังภาพประกอบ 23 เมื่อตัวนำเคลื่อนจาก 3 ผ่าน 4 ไปยัง 5 นั้น ก็ทำให้การเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเป็นศูนย์เมื่ออยู่ที่ตำแหน่ง 5 จากตำแหน่งที่เริ่มต้นที่ 1 แล้วหมุนตามเข็มนาฬิกาเรื่อยมาจนกระทั่งตัวนำ AB มาอยู่ตำแหน่งสุดท้ายที่ 5 นั้น เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าวิ่งจาก A ไปยัง B แต่เมื่อตัวนำหมุนต่อไปจาก 5 จนกระทั่งกลับไปตำแหน่งเริ่มต้น 1 ใหม่นั้น จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีหลักการแบบเดียวกับเมื่อเคลื่อนจาก 1 ไปยัง 5 แต่ทว่าทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นใน AB นั้นมีทิศทางตรงข้ามคือวิ่งจาก B ไป A ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อตัวนำ AB หมุนไปหนึ่งรอบ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เป็นทั้งลบและบวกขึ้นในตัวมัน นั่นก็คือเป็นกระแสไฟสลับ แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ได้ออกมาจากตัวนำ AB นี้จะเป็นลูกคลื่นไซน์ (Sine Wave) ก็ต่อเมื่อ สนามแม่เหล็กที่ตัวนำวิ่งผ่านนั้น เป็นสนามแม่เหล็กที่มีความสม่ำเสมอเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันทุก ๆ แห่ง (Uniform Magnetic Field) ฉะนั้นถ้านำเอาปลอกทองเหลืองหรือปลอกไถล (Slip Ring) อันหนึ่งมาสวมทับที่ปลายของขดลวด AB (ที่ต่อออกมาภายนอก) โดยให้ปลายขดลวด AB สัมผัสกับภายในของปลอกทองเหลืองอยู่ตลอดเวลา ก็จะทำให้ได้กระแสไฟสลับไหลออกมาที่ปลอกทองเหลืองนั้น

จะเห็นได้ว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวนำ AB นั้น ก็เกิดขึ้นบนตัวนำ CD เช่นเดียวกันในทุก ๆ ขณะที่มีการหมุนขดลวดด้วยแต่ถ้าจะมีทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในทางตรงกันข้ามกับ AB นั่นคือเมื่อ AB เริ่มมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นเป็นบวก ก็จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตัวนำ CD ขึ้นเป็นลบในขณะเดียวกันหรือพร้อมกันไปเช่นนี้ตลอดเวลาที่มีการเคลื่อนที่ของตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก นั่นก็คือจะได้กระแสไฟสลับออกมาที่ปลอกทองเหลืองทั้งสองแต่ถ้าต้องการให้ได้กระแสไฟตรงนั้นก็ทำได้โดยใช้ปลอกทองเหลือง 1 วงแล้วผ่าซีกแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยให้ขดตัวนำ AB และ CD สัมผัสอยู่ภายในของวงแหวนผ่าซีกทั้งสองนั้นสลับกันไปตลอดเวลาที่มีการหมุนของตัวนำทั้งสองดังภาพประกอบ 30(a) สำหรับภาพประกอบ 25 (b) นั้นเป็นรูปแบบของคลื่น (Wave Form) ที่ได้จาก ตัวนำทั้ง 2 ( 1 รอบ) ที่ได้รับการแปลงไฟ กระแสสลับเป็นกระแสตรง (Rectify) แล้ว โดยผ่านวงแหวนผ่าซีกหรือ คอมมิวเตเตอร์



ภาพประกอบ 24 แสดงตัวนำ 1 ขดหมุนผ่านสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอ และต่อไปยังขั้ววงแหวน  
ผ่าซีก 2 ชิ้น



ภาพประกอบ 25 แรงเคลื่อนไฟฟ้าตรงที่เป็นพลัสซึ่งได้มาจากขั้ววงแหวนทั้ง 2 ที่ต่อกับตัวนำ

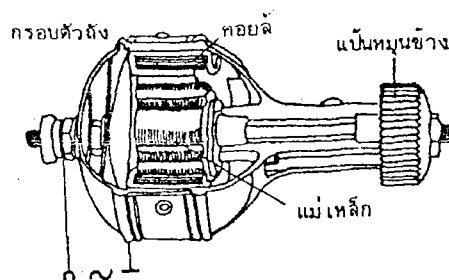
1 รอบ

ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในตัวนำหนึ่ง ๆ นั้นเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าสลับเสมอ ส่วนเอาต์พุต (Output) นั้นจะเป็นกระแสไฟสลับหรือกระแสไฟตรงก็ขึ้นอยู่กับตัวที่นำไฟออกมาจากตัวนำเหล่านั้น นั่นคือ ขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการไฟสลับหรือไฟตรง ถ้าต้องการไฟสลับก็ให้ใช้วงแหวนทองเหลือง (Slip-Ring) แต่ถ้าต้องการไฟตรงก็ให้ใช้ คอมมิวเตเตอร์ (ซึ่งทองแดงหลาย ๆ ชิ้นที่นำมาต่อกันเป็นรูปทรงกระบอกโดยที่ซี่ต่อซี่ของมันมีฉนวนเป็นตัวกั้น) มาต่อเข้ากับตัวนำเหล่านั้นที่ตัดสนามแม่เหล็ก

## ญ. วิธีกำเนิดไฟฟ้า

### วิธีกำเนิดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

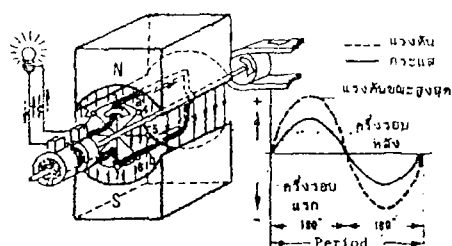
เจนเนอเรเตอร์คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ขับให้หมุนได้ด้วยเครื่องจักรไอน้ำ หรือ เครื่องจักรพลังน้ำหรือเครื่องยนต์สันดาป หลักใหญ่ ๆ คือเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งออกไปตามสายส่ง



ภาพประกอบ 26 แสดงไดนาโมจักรยาน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เข้าใจง่ายที่สุด คือ เครื่องไดนาโมจักรยานอันมีองค์ประกอบสำคัญได้แก่แกนหมุนที่หมุนได้เพราะขับด้วยขอบล้อจักรยาน ที่ปลายของแกนหมุนข้างในไดนาโม มีขั้วแม่เหล็กถาวรติดอยู่ ขณะที่แม่เหล็กหมุนสนามแม่เหล็กจะตัดตัวนำในคอยล์ทองแดงทำให้เกิดแรงเหนี่ยวนำเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้นได้

วิธีกำเนิดไฟฟ้าจึงกล่าวได้โดยสรุปว่า เกิดจากสนามแม่เหล็กตัดคอยล์ตัวนำเครื่องเล็ก ๆ เช่น ไดนาโมจักรยานแม่เหล็กเป็นตัวหมุน แต่เครื่องโต ๆ เช่น เครื่องเจนเนอเรเตอร์ทั้งหลาย คอยล์ตัวนำหรือขั้วแม่เหล็กเป็นตัวหมุนตัดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) ที่ติดตั้งอยู่กับที่ทั้งสิ้น



ภาพประกอบ 27 แสดงลักษณะกำเนิดกระแสสลับ

ในภาพประกอบดังกล่าวลวดตัวนำเป็นตัวหมุนตัดสนามแม่เหล็ก NS ที่มีขั้วเหนือ N และขั้วใต้ S รวม 2 ขั้ว เส้นแรงแม่เหล็กจะแล่นออกจากขั้วเหนือสู่ขั้วใต้ ผ่านไดอิเล็กตริกที่เป็นอากาศด้วย ความหนาแน่นของเส้นฟลักซ์แม่เหล็กค่าใดค่าหนึ่ง ขณะลวดตัวนำแล่นตัดสนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะเกิดกระแสไฟเหนี่ยวนำขึ้นภายในเนื้อลวดตัวนำนั้น ๆ กระแสจะแล่นไปในทางใดนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางหมุนและลักษณะวางขั้วแม่เหล็กขนาดของแรงดันที่เกิดขึ้นก็ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบที่ลวดตัวนำนั้นหมุนอยู่ จำนวนกระแสจะมีมากหรือน้อยก็สุดแต่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก NS นั้นอีกด้วย กระแสที่เกิดขึ้นในลวดตัวนำให้ต่อออกสู่สายภายนอก โดยผ่านสลีปริง (Slip Ring)

เพื่อให้เข้าใจลักษณะการกำเนิดกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ในลวดตัวนำ ขอให้พิจารณา ลักษณะหมุนของลวดตัวนำใน 1 รอบ

ในขณะที่ลวดตัวนำอยู่ในแนวระนาบ (ครึ่ง a อยู่ ณ 1, ครึ่ง b ณ 5) ลวดตัวนำขณะนี้มีได้ตัดเส้นแรงแม่เหล็กเลย แรงดันเป็นศูนย์และกระแสเป็นศูนย์ ต่อมาลวดตัวนำหมุนไปตามลูกศรลวดเส้นบนไปอยู่ ณ ตำแหน่ง (2) และเส้นล่างอยู่ ณ ตำแหน่ง (6) จะเริ่มมีแรงดันและกระแสเกิดขึ้นในลวดตัวนำนั้นและเมื่อยิ่งหมุนไปถึงจุด (3) และจุด (7) ต่อไปตามลำดับ ลวดตัวนำในขณะนี้จะตัดเส้นเส้นแรง แม่เหล็กด้วยอัตราที่เร็วที่สุด ทั้งแรงดันและกระแสจะขึ้นถึงค่าสูงสุดเมื่อหมุนต่อไปถึงตำแหน่ง (5) และ (1) ค่าทั้งสองก็จะกลับไปเป็นศูนย์อีก เมื่อหมุนต่อไปถึง (7) และ (3) จะได้ค่าแรงดันและกระแสเป็นค่าสูงสุดแต่ทิศทางไหลตรงกันข้าม กระทั่งถึงจุดตั้งต้น (1) และ (5) ก็จะกลับไปตั้งกลวัฏใหม่ แสดงว่าหมุนไปครบหนึ่งรอบได้หนึ่งกลวัฏ เขียนเป็นกราฟกลวัฏได้ดังแสดงไว้ข้างต้นกระแสที่ไหลไปและกลับอย่างละครั้งใน 1 กลวัฏนี้เรียกว่า กระแสสลับ (Alternating Current) กระแสไฟฟ้าสลับคือ กระแสที่ไหลกลับไปกลับมาอย่างละครั้งใน 1 กลวัฏ (Cycle) เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า ~

กราฟของกระแสและแรงดันไฟฟ้าสลับ เป็นกราฟเช่นเดียวกับคลื่นไซน์เวฟ (Sine Wave Curve) ซึ่งจะต้องมี ความสูงของคลื่น (Amplitude) ความยาวของคลื่นและความถี่ของคลื่น

ความถี่ของคลื่นวัดเป็น เฮิรตส์ ( $H_z$ )

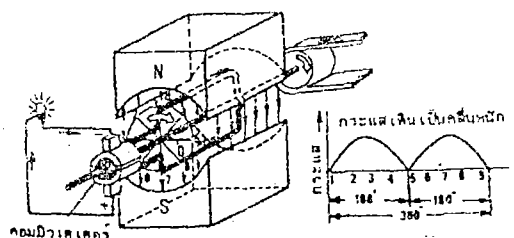
1 เฮิรตส์ เท่ากับ กลวัฏวินาที (1 Cycle/Sec)

ความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับที่ใช้ในประเทศไทยคือ 50 เฮิรตส์ หมายความว่า ภายในเวลา 1 วินาที กระแสไฟแล่นกลับไปกลับมา 50 ครั้งพอดี ระยะเวลาครึ่งหนึ่ง ๆ ที่แล่นไปและแล่นกลับ เรียกว่า คาบ(Period)

### ฏ. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ด้วยลักษณะการกำเนิดไฟฟ้าดังในหัวข้อข้างต้น เราอาจเสริมลักษณะโครงสร้างบางอย่างให้เปลี่ยนไปเพื่อให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ กระแสไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีที่ใช้งานในอุตสาหกรรมมากพอสมควร เช่นใช้อัดแบตเตอรี่และใช้ชุบไฟฟ้า เป็นต้น

กระแสไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสที่ไหลทางเดียว เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า —



ภาพประกอบ 28 แสดงวิธีกำเนิดกระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต้องใช้คอมมิวเตเตอร์ดังที่เห็นง่าย ๆ ในภาพประกอบ คอมมิวเตเตอร์ดังกล่าว แบ่งเป็นครึ่งทรงกระบอกสองครึ่งตามยาวติดตรงเข้ากับลวดตัวนำ ขณะลวดตัวนำหมุนคอมมิวเตเตอร์ก็หมุนตามไปด้วยพร้อมกันกระแสแล่นออกจากคอมมิวเตเตอร์ไปได้ด้วยมีแปรงถ่านกดไว้ไฟฟ้าแล่นผ่านแปรงถ่านออกไปสู่วงจรภายนอกได้ทันที ในขณะที่ลวดตัวนำหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กในครึ่งรอบที่หนึ่ง กระแสจะแล่นจากศูนย์สู่ค่ากระแสสูงสุดแล้วกลับลงค่าศูนย์ในทิศทางหนึ่ง หากจะให้กระแสในครึ่งรอบที่สองแล่นอยู่ในทิศทางเดียวกับครึ่งรอบแรก

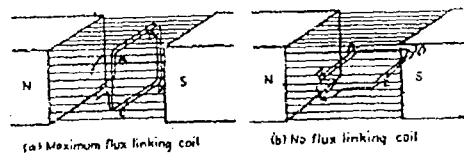
คอมมิวเตเตอร์จะต้องหมุนผ่านไปที่อีกข้าง ส่งกระแสผ่านออกที่แปรงถ่านตัวใหม่ที่ข้างนั้น กระแสก็สามารถแล่นตามออกไปในทิศเดียวกันด้วยค่าที่เปลี่ยนจากศูนย์เป็นค่าสูงสุด แล้วลดเป็นค่าศูนย์เมื่อครบหนึ่งรอบเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป กระแสที่ได้เป็นกระแสที่ไหลทิศทางเดียวกันจริง แต่จำนวนกระแสมากและน้อยเปลี่ยนตลอดเวลาเป็นคลื่นกระแสอย่างหนัก

โดยปกติชุดลวดตัวนำต้องมีหลายชุดให้หมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กติดต่อกันไปและใช้คอมมิวเตเตอร์หลาย ๆ ชุดติดต่อกัน กระแสไฟตรงที่ได้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นคลื่นที่เล็กลง

ดังแสดงในภาพประกอบไดอะแกรม ให้สังเกตว่าบนหุ่นอเมเจอร์จะมีคอมมิวเตเตอร์เป็นชั้นบรอนซ์ทองแดงวางอยู่ติด ๆ กัน แต่ไม่ต่อเนื่องถึงกันได้ โดยจะต้องมีฉนวนกันไฟฟ้าระหว่างซีคอมมิวเตเตอร์มิให้รั่วถึงกันได้เป็นอันขาด

### ฏ. หลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เกิดจากการที่ตัวนำวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มคงที่ค่าหนึ่งด้วยอัตราเร็วจำนวนหนึ่ง นั่นก็คือเกิดอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยเวลาขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นในตัวนำนั้น ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำ ภาพประกอบ 29 แสดงถึงชุดลวดแบบง่าย ๆ ชุดหนึ่งที่วิ่งตัดผ่านสนามแม่เหล็กถาวรที่มีขั้ว N และขั้ว S โดยที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอทุก ๆ จุดจากขั้วทั้ง 2 นั้น ภาพประกอบ 29 เป็นตำแหน่งที่เส้นแรงแม่เหล็กที่มาคล้องชุดลวดมีค่าสูงสุด (คือเส้นแรงคล้องทั้งตัวนำบนและล่างโดยที่เส้นแรงข้างบนก็คล้องตัวนำหรือชุดลวดด้านบนส่วนด้านล่างก็คล้องด้านล่าง) สำหรับภาพประกอบ 29 นั้นเป็นตำแหน่งที่ไม่มีเส้นแรงมาคล้องชุดลวด (No Flux Linking Coil) ภาพประกอบ 29 นั้น แม้ว่าจะเป็นตำแหน่งที่มีเส้นแรงมาคล้องชุดลวดสูงสุดก็ตาม แต่ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับชุดลวดนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ ทั้งนี้เพราะอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่มาคล้องตัวนำนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์หรือมีค่าต่ำสุด ฉะนั้นเมื่อระนาบของชุดลวดตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าต่ำสุดหรือเท่ากับ



ภาพประกอบ 29 แสดงขดลวดแบบธรรมดา ๆ ที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก

เมื่อขดลวดเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกาไป  $1/4$  รอบ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ไปคล้องขดลวด AB ลดจากเวเบอร์  $\phi$  (Weber) ลงไปเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ย ( $E_{av}$ ) ในขดลวดในช่วงนี้ก็คือ

$$E_{AV} = N \frac{\phi}{t} \text{ volts}$$

เมื่อ  $N$  เป็นจำนวนรอบของตัวนำในขดลวดนั้นและ  $t$  เป็นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไป  $1/4$  รอบ นั่นคือ  $t = 1/4S$  เมื่อ  $S =$  จำนวนรอบต่อวินาที (r.p.s.) แรงเคลื่อนไฟฟ้า

ในการพันตัวนำรอบอาร์เมเจอร์ (Armature) นั้นขดลวดแต่ละขดจะมีตัวนำที่พันทับซ้อนกันไปมาทั้งสองด้านของขดลวด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่มาคล้องขดลวดแต่ละขดในระหว่างที่หมุนไปนั้น จึงไม่อาจให้คำนิยามของการเกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้อย่างจะแจ้ง ฉะนั้นเพื่อความสะดวกจึงพิจารณาว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละขดลวดนั้นก็คือ ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในตัวนำของขดลวดทั้งสองด้านที่หมุนผ่านสนามแม่เหล็กเท่านั้น ส่วนตัวนำที่อยู่ภายนอกสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นตัวต่อเชื่อมโยงระหว่างด้านทั้งสองของขดลวดตัวนำนั้น ไม่มีการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นเลยมีหน้าที่เพียงแต่ทำให้ครบวงจรเคลื่อนไฟฟ้าเท่านั้น ตัวนำพวกนี้เรียกว่า อินแอคทีฟ คอนดักเตอร์ (Inactive Conductor) สำหรับพวกตัวนำที่เกิดแรงเคลื่อนนำไฟฟ้าขึ้นเรียกว่า แอทีฟ คอนดักเตอร์ (Active Conductor) แรงเคลื่อนไฟฟ้า  $e$  ที่เกิดขึ้นจากตัวนำยาว  $l$  เมตร วิ่งตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่น บีเวเบอร์/ตารางเมตรด้วยความเร็ว เมตร/วินาที คือ

$$e = B l v \quad \text{โวลท์}$$

โดยที่  $B, l, v$  ทั้ง 3 ตัวนี้ต้องตั้งฉากซึ่งกันและกัน แต่ถ้าไม่ตั้งฉากซึ่งกันและกันแล้วก็จำเป็นต้องคูณด้วยมุม  $\cos \theta$  ซึ่งเป็นมุมระหว่าง 2 ใน 3 ตัวของ  $B, l, v$

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ทดลองทฤษฎีหลักการเบื้องต้นจากกฎของ ไมเคิล ฟาราเดย์ จนถึงการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสร้างมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะนำไปพัฒนาชุดทดลองหลักการการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ให้มีรูปแบบคล้ายกับมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์จริงมากที่สุด ในทางโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์จริงและนักเรียนสามารถมองเห็นอุปกรณ์ส่วนประกอบภายในของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ได้ทั้งหมดขณะที่ทำการทดลอง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้แนวความคิดที่นำไปประดิษฐ์อุปกรณ์ ที่นำไปประกอบเพิ่มเติมเพื่อใช้วัดขนาดและตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ จากสูตร  $F = ILB \sin \theta$  เพื่อเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากการทดลอง จะเห็นได้ว่าชุดอุปกรณ์การทดลองหลักการการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่สร้างขึ้นจะอำนวยความสะดวกทั้งผู้สอนและผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้เร็วขึ้น รวมทั้งส่งเสริมเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน

### ก. ความหมายของสื่อการสอน

ได้มีผู้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้หลายท่าน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เปรี๊ยะ กุมุท (2519 : 1) กล่าวว่าสื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการสอนส่งไปถึงผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ผู้สอนวางไว้ได้เป็นอย่างดี

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่นๆ (2526 : 112) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า หมายถึง วัสดุ (สิ่งเปลี่ยน) อุปกรณ์ (เครื่องมือที่ไม่ผู้ใดง่าย) และวิธีการ (กิจกรรม กระบวนการทดลอง) ที่ใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ เจตคติและทักษะไปสู่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526 : 61) ได้ให้ความหมายของสื่อการเรียนการสอนว่า หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวกลางในกระบวนการเรียนการสอน (หรือสื่อสารในการเรียนการสอน) เพื่อให้การสอนนั้นดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพตามจุดมุ่งหมาย

บุญยฤทธิ์ คงคาเพชร (2526 : 1) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง วัสดุอุปกรณ์ วิธีการหรือเทคนิคต่างๆ ที่เป็นเครื่องช่วยถ่ายทอดหรือนำความรู้จากแหล่งความรู้ที่ครูผู้สอนต้องการไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่ครูตั้งไว้

นิคม ทาแดง (2526 : 81) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนว่า หมายถึง สิ่งต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพและจิตภาพ ที่ก่อให้เกิดสถานการณ์ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาที่

เป็นความรู้ กระบวนการวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สิ่งต่างๆ นั้นได้แก่ วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ของจริง ของสัญลักษณ์ต่างๆ รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดจากกิจกรรมของผู้สอน และผู้เรียน

กิดานันท์ มลิทอง (2535 : 76) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง ตัวกลางที่ช่วยนำ และถ่ายทอดข้อมูลความรู้จากครูผู้สอนหรือแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ บรรลุถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

บราวน์ และคนอื่นๆ (Brown and others. 1973 : 584) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง อุปกรณ์ทั้งหลายที่สามารถช่วยเสนอความรู้ให้แก่ผู้เรียนจนเกิดผลการเรียนที่ดี ทั้งนี้ รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ที่ไม่เฉพาะแต่สิ่งที่เป็นวัสดุหรือเครื่องมือเท่านั้น เช่น การศึกษา นอกสถานที่ การสาธิต การทดลอง ตลอดจนการสัมภาษณ์ เป็นต้น

จากความหมายของสื่อการสอนที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง การ นำเอาวัสดุอุปกรณ์ วิธีการและเครื่องมือที่นำมาเป็นสื่อกลางในการให้การศึกษาแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และบรรลุจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนสื่อการสอนวิทยาศาสตร์นั้นต้องเป็นสื่อการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ กระบวนการวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

## ข. ประเภทของสื่อการสอน

สื่อการสอนสามารถจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายประเภท ดังตัวอย่างการ จำแนกของนักวิชาการดังนี้

เกอร์ลาช และ อีไล (Gerlach and Ely.1980 : 247 – 251) ได้จำแนกสื่อการสอนเป็น 7 ประเภทดังนี้

1. ภาพเคลื่อนไหว (Motion pictures)
2. โทรทัศน์ (Television)
3. ของจริง การจำลองสถานการณ์และแบบจำลอง ( Real things, Simulation, and Models)
4. คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction)

เดล (Dale. 1969 : 3) ได้แบ่งสื่อการสอนตามประสบการณ์ของผู้เรียนที่จะได้รับการ ใช้ประสบการณ์ตรงหรือรูปธรรม (Concrete) ไปสู่ประสบการณ์นามธรรม (Abstract) ตาม ลำดับ ดังนี้

1. ประสบการณ์ตรงที่ผู้เรียนเจตนารับเป็นสื่อของจริง
2. ประสบการณ์จำลอง

3. ประสบการณ์นาฏการ
4. การสาธิต
5. การศึกษานอกสถานที่
6. นิทรรศการ
7. โทรทัศน์การศึกษาและภาพยนตร์
8. ภาพนิ่ง วิทย์ การบันทึกเสียง
9. ทัศนสัญลักษณ์
10. วจนสัญลักษณ์

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2526 : 112) ได้แบ่งประเภทของสื่อการสอนไว้ 3 ประเภท คือ

1. วัสดุ หมายถึง สิ่งช่วยสอนที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลง เช่น ซอส์ค फिल्म ภาพถ่าย กล้องถ่ายรูป เครื่องฉายภาพยนตร์ สไลด์
2. . อุปกรณ์ หมายถึง สิ่งช่วยสอนที่เป็นเครื่องมือ เช่น กระดานดำ กล้องถ่ายรูป เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องรับโทรทัศน์
3. กระบวนการและวิธีการ ได้แก่ การจัดระบบ การสาธิต การทดลอง เกมส์และ กิจกรรมต่างๆ โดยเป็นกิจกรรมที่ครูจัดทำขึ้น และมุ่งให้นักเรียนปฏิบัติ

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526 : 141) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะรูปร่างของสื่อออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. สื่อประเภทเครื่องมือ เป็นสื่อที่ได้มาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องฉายต่างๆ เครื่องเสียง โทรทัศน์ เป็นต้น
2. สื่อประเภทวัสดุ หมายถึง สื่อที่เป็นผลผลิตมาจากวิทยาศาสตร์เป็นวัสดุที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น แผนที่ แผนภูมิ फिल्म แผ่นโปร่งใส เป็นต้น
3. สื่อประเภทวิชาการ หมายถึง สื่อประเภทเทคนิค ระบบ กระบวนการต่างๆ เช่น การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ การทดลอง นิทรรศการ เป็นต้น
4. สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อประเภทต่างๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือ วัสดุและวิธีการนำมาใช้ร่วมกันอย่างมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่สื่อแต่ละอย่างส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน เช่น บทเรียนแบบโปรแกรม ชุดการเรียนการสอน บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ ชุดอุปกรณ์ ชุดสื่อประสม

ประภาภรณ์ มูลแสดง (ม.ป.ป. : 188) ได้จำแนกประเภทของสื่อการสอนดังนี้

1. หนังสือพิมพ์
2. สิ่งตีพิมพ์ต่างๆ

3. ตัวอย่างจริง เช่น สิ่งมีชีวิตต่างๆ จากธรรมชาติ
4. วัตถุที่ช่วยให้เกิดมโนคติ เช่น โมเดลผลึกอันตรูปของคาร์บอน
5. ภาพนิ่ง ภาพยนตร์
6. แผนที่ รูปภาพ แผนผัง และลูกโลก
7. กระดาษสีต่างๆ ดินสอสี ปากกาเมจิก ชอล์คสี
8. เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เช่น หลอดทดลอง ถ้วยยูเรก้า ชุดสาริตการทดลองต่างๆ ฯลฯ

ในส่วนของเครื่องใช้และอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อุปกรณ์สำเร็จรูป ได้แก่ ของจริง แบบจำลองต่างๆ (Model) หนังสือ สิ่งตีพิมพ์ ภาพยนตร์ แผนที่ เป็นต้น
2. อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น ทั้งที่ครูประดิษฐ์ขึ้นมาเองหรือนักเรียนกับครูร่วมกันประดิษฐ์ขึ้น ได้แก่ แผนที่ที่สร้างขึ้นเอง รูปภาพที่วาดขึ้นเอง โมเดลที่สร้างขึ้นมาเอง เป็นต้น
3. อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องมือเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีหรือเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด (Concept) ในบางเรื่อง

ในการวิจัยครั้งนี้ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาจัดขึ้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนเรเตอร์

#### ค. ขั้นตอนการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์

ในการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ประภาภรณ์ มูลแดง (ม.ป.ป. : 189 - 192) แนะนำไว้ว่า มีขั้นตอนหลักอยู่ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวางวัตถุประสงค์ ครูผู้สอนจะต้องวางเป้าหมายของการสอนไว้ว่า ต้องการให้ผู้เรียนได้บรรลุเนื้อหาอะไรบ้าง ลึกซึ้งแค่ไหน ตอนไหนของเนื้อหาที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพื่อวัตถุประสงค์อะไร เช่น

- 1.1 เพื่อให้เกิดความรู้
- 1.2 เพื่อให้เกิดความจำ
- 1.3 เพื่อให้เกิดความเข้าใจ
- 1.4 เพื่อพิสูจน์ทฤษฎี
- 1.5 เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด

2. ขั้นเลือกสรรอุปกรณ์ เมื่อได้วางวัตถุประสงค์ว่าจะใช้อุปกรณ์เพื่ออะไรแล้วจึงถึงขั้นเลือกสรรอุปกรณ์ที่ใช้โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

2.1 ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้ ไม่ควรซับซ้อนจนนักเรียนสรุปไม่ได้ว่า  
วัตถุประสงค์ของการใช้อุปกรณ์นี้เพื่ออะไร

2.2 เหมาะสมกับวัย พื้นความรู้ และความสนใจของนักเรียน

2.3 มีประสิทธิภาพสูง รู้ผลเร็ว เหมาะสมกับเวลา

2.4 ใช้วัสดุง่าย ๆ ราคาถูก

2.5 ในกรณีที่ประดิษฐ์อุปกรณ์ขึ้นใช้เอง ก็ควรผลิตให้มีขนาดเหมาะสมใช้  
คล่องและกระต๊วต

3. ขั้นเตรียมล่วงหน้าก่อนการใช้อุปกรณ์ เมื่อครูได้มีอุปกรณ์ที่จะใช้แล้ว ครูก็ควรที่  
จะมีการเตรียมล่วงหน้าในด้านต่าง ๆ ดังนี้คือ

3.1 เตรียมตัวครูเอง โดย

1) ทำการบันทึกการสอนขั้นกิจกรรมอย่างละเอียด

2) ศึกษาเนื้อความรู้เพิ่มเติม

3) สํารวจและซ่อมแซมอุปกรณ์ให้ใช้ได้ดี

4) ทดลองใช้อุปกรณ์ล่วงหน้าว่าได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่

5) ศึกษาเทคนิคการใช้อุปกรณ์ที่จะให้ผลตรงตามเป้าหมาย

6) ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์หลายชิ้น ครูจำเป็นต้องเตรียม

ทุกอย่างให้พร้อมที่จะหยิบใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องค้นหา

7) ศึกษาบทเรียนให้ดูว่าสิ่งใดไม่ควรเตรียมล่วงหน้าไว้นาน เช่น สารเคมี  
ตัวใดที่มีปฏิกิริยาต่อแสงหรือสารละลายชนิดใดที่ตกตะกอนง่าย ก็ไม่ควรเตรียมล่วงหน้าไว้นาน

8) ศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ (ในกรณีการทดลอง  
วิทยาศาสตร์) และข้อผิดพลาดจากการทดลองว่ามีอะไรบ้าง

9) ศึกษาข้อควรระวังและอันตรายจากการใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางชนิด  
เช่น กรดเข้มข้น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ฯลฯ

10) ศึกษาวิธีการใช้และจับต้องอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ให้ถูกต้อง

3.2 เตรียมตัวนักเรียน

1) ให้นักเรียนอ่านการทดลองมาล่วงหน้าในกรณีที่การทดลองมีความ  
ซับซ้อน

2) อุปกรณ์บางอย่างที่ต้องเตรียมมาจากบ้าน ก็ควรบอกนักเรียนล่วงหน้า  
ให้เตรียมมาให้พร้อม

3) จัดให้นักเรียนนั่งให้เรียบร้อยตามที่ครูกำหนดให้

4) อธิบายให้นักเรียนทราบล่วงหน้าว่าจะมีกิจกรรมอะไร ควรสังเกตอะไร

5) ใช้เทคนิคการนำเข้าสู่บทเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

### 3.3 เตรียมสถานที่

- 1) ถ้าเป็นห้องเรียนให้จัดโต๊ะเก้าอี้ให้เรียบร้อยวางแผนให้ดูว่าจะนั่งกันอย่างไรจึงจะสะดวก
  - 2) จัดที่ตั้งอุปกรณ์ให้เพียงพอ และสะดวกในการหยิบใช้
  - 3) เตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกให้พร้อม เช่น ปลั๊กไฟ สายไฟ น้ำ
  - 4) ให้เก็บสิ่งที่จะเบนความสนใจของเด็กออกไปจากห้อง
4. ชั้นใช้อุปกรณ์หรือชั้นแสดงจริง
- 1) ลำดับขั้นตอนการใช้อุปกรณ์แต่ละชั้นให้ถูกต้อง
  - 2) ใช้อุปกรณ์ด้วยความมั่นใจและถูกต้อง เช่น ควรคนสารด้วยแท่งแก้วคน ไม่ใช่ช้อนตักสาร เทอร์มิเตอร์หรือสิ่งอื่นแทน
  - 3) อุปกรณ์ชิ้นใดที่ไม่ใช้ไม่ควรนำมาตั้งไว้เฉยๆ
  - 4) ขณะกำลังใช้การทดลองควรพูดเร้าให้นักเรียนเกิดความสนใจ
  - 5) สอดสายสายตาให้ทั่วห้องขณะใช้อุปกรณ์ ไม่ควรก้มหน้าก้มตาใช้อุปกรณ์จนไม่สนใจนักเรียน
  - 6) ใช้คำพูดอธิบายประกอบให้ชัดเจน
  - 7) สิ่งใดสามารถติดตั้งหรือแขวนได้ ควรตั้งหรือแขวนให้เรียบร้อย ไม่ควรถือไว้
  - 8) อุปกรณ์ที่หมดความจำเป็นแล้ว ควรเก็บทันที ไม่ควรตั้งทิ้งไว้
  - 9) ใช้อุปกรณ์ให้คุ้มกับที่เตรียมมา
  - 10) ใช้อุปกรณ์ในช่วงเวลาที่กำหนด
  - 11) ควรใช้ไม่นานๆ ซ้ำประกอบคำอธิบาย ไม่ควรใช้นาน
  - 12) ขณะใช้ให้พยายามสังเกตข้อบกพร่องของตนเอง เพื่อปรับปรุงแก้ไข
  - 13) จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อยหลังจากใช้เสร็จ
5. ขั้นตอนติดตามผลการใช้อุปกรณ์ อาจทำได้ดังนี้
- 1) หลังการใช้แล้วครูและนักเรียนมาอภิปรายร่วมกัน
  - 2) ให้นักเรียนเขียนรายงานมาส่ง หรือรายงานด้วยปากเปล่า
  - 3) จัดนิทรรศการ
  - 4) ให้ทำแบบทดสอบ

เอกสารข้างต้นให้แนวทางแก่ผู้วิจัยในการพัฒนาสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ให้ได้ผลการทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์ในการเรียนเรื่องหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ และคาดว่าผลการทดลองจะทำให้นักเรียนเกิดความรู้และเจตคติที่ดีขึ้น

### ง. คุณค่าของสื่อการสอน

มีผู้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้เป็นจำนวนมาก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

นิพนธ์ สุขปรีดี (2521 :13 – 16) กล่าวไว้ว่า สื่อการสอนทำหน้าที่ช่วยถ่ายทอดความรู้และความคิดระหว่างครูกับนักเรียน เป็นเครื่องช่วยให้บทเรียนง่ายขึ้น เพราะสื่อการสอนจะช่วยให้ครูสามารถถ่ายทอดข้อเท็จจริง ทักษะ ทศนคติ ความรู้ ความเข้าใจและความซาบซึ้ง เห็นคุณค่าในเรื่องราวที่สอน ซึ่งจะเป็นรากฐานให้เกิดความเข้าใจและความจำอย่างถาวร นักการศึกษาต่างยอมรับและเห็นพ้องกันว่าสื่อการสอนเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การสอนได้ผลดีขึ้น ทั้งนี้ได้แจกแจงด้านคุณค่าจากการใช้สื่อการสอนไว้ดังนี้

#### 1. คุณค่าทางด้านวิชาการ

1.1 เด็กจะได้รับประสบการณ์ตรงและเรียนได้ดีมากขึ้น

1.2 ลักษณะที่เป็นรูปธรรมของสื่อการสอน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของสิ่งต่างๆ ได้กว้างขวาง เป็นแนวทางให้เข้าใจสิ่งอื่นๆ ได้ยิ่งขึ้นและยังช่วยส่งเสริมด้านความคิดและการแก้ปัญหาอีกด้วย

1.3 จากการวิจัยสรุปว่าสื่อการสอนให้ประสบการณ์ที่เป็นจริงแก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างถูกต้อง ทั้งช่วยให้ผู้เรียนจดจำเรื่องราวต่างๆ ได้มากและจำได้นาน

1.4 สื่อการสอนโดยเฉพาะภาพยนตร์ จะช่วยเพิ่มทักษะในการเรียนรู้

#### 2. คุณค่าทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้

2.1 สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและต้องการเรียนในสิ่งต่างๆ มากขึ้น เช่น การอ่าน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทศนคติ การแก้ปัญหาและความซาบซึ้งในคุณค่า

2.2 ทำให้เด็กมีมีโนภาพเริ่มแรกอย่างถูกต้องสมบูรณ์และก่อให้เกิดความคิดรวบยอดเป็นอย่างเดียวกันทั้งมีอิทธิพลต่อเจตคติของผู้เรียนด้วย

2.3 สื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพอใจ และช่วยให้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง

#### 3. คุณค่าทางด้านเศรษฐกิจการศึกษา

3.1 สื่อการสอน สามารถช่วยผู้เรียนที่เรียนช้าให้เรียนได้เร็วมากขึ้น ส่วนผู้เรียนที่ฉลาดก็จะเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้นไปอีก

3.2 การสอนโดยอธิบายอย่างเดียวเป็นการสิ้นเปลืองเวลา เพราะเด็กลืมนง่าย ถ้าใช้สื่อการสอนจะช่วยขจัดความสิ้นเปลืองนี้และยังช่วยให้ครูที่สอนดีอยู่แล้วสอนดียิ่งขึ้น

3.3 สื่อการสอนช่วยประหยัดคำพูดและเวลาของครู ที่สำคัญยิ่งกว่านั้น ยังช่วยประหยัดเวลาของนักเรียน ทำให้มีเวลาเหลือที่จะศึกษาบทเรียนอื่นต่อไป

3.4 สื่อการสอนช่วยจัดปัญหาเรื่องสถานที่ เวลา และระยะทาง ได้ดังนี้

3.4.1 สามารถนำสิ่งที่เกิดในอดีตมาศึกษาได้ เช่น ภาพยนตร์

3.4.2 สื่อการสอนช่วยนำสิ่งที่อยู่ไกลเกินไปมาศึกษาได้

3.4.3 ช่วยทำสิ่งที่เคลื่อนไหวให้เร็วได้ และทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลงได้ เช่น ภาพยนตร์ สามารถแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของพืชได้ในระยะเวลาสั้นๆ ได้ เดล (Dale.1969 : 8) กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. สามารถส่งเสริมความเข้าใจอันดี และส่งเสริมความเห็นอกเห็นใจระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนในชั้นเรียนก็ได้
  2. ทำให้ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมตามที่ประสงค์ได้
  3. ทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่เรียน ตรงกับความต้องการ เป็นผลทำให้เพิ่มแรงจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ยิ่งขึ้น
  4. ให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้แปลกๆ ใหม่ หลายด้านแก่ผู้เรียน
  5. ทำให้การเรียนรู้มีความหมาย ช่วยให้ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาแตกต่างกันมาก ๆ เข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนได้ใกล้เคียงกัน
  6. เราใจให้ผู้เรียนนำเอาความรู้ที่เรียนไปใช้อย่างมีความหมาย
  7. ทำให้ผู้เรียนมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับช่วยให้ทราบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพียงใด
  8. ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สมบูรณ์เกิดมโนภาพที่ถูกต้องและมีความหมาย
  9. ช่วยขยายและเพิ่มพูนขอบเขตของประสบการณ์ของผู้เรียนให้กว้างขวางยิ่งขึ้น
- ช่วยให้จดจำได้เร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยคำอธิบาย
10. ทำให้ผู้เรียนเกิดความกระจำแจ่มแจ้งลำดับความคิดได้อย่างเป็นระเบียบ
- อิริคสัน ( Erickson. 1984 : 108 – 109) ได้สรุปความสำคัญของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยจัดและเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน
  2. ช่วยครูให้สามารถสอนเนื้อหาวิชาที่มีความหมายต่อชีวิตของผู้เรียน
  3. ช่วยครูแนะนำและกำกับผู้เรียนให้มีปฏิสัมพันธ์ในทางที่พึงปรารถนาโดยใช้สื่อต่าง ๆ
  4. ช่วยผู้เรียนให้สามารถประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไปตามเนื้อหาวิชา
  5. ช่วยครูให้สามารถสอนได้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น
- จากเอกสารเกี่ยวกับคุณค่าของสื่อการสอนข้างต้น สามารถสรุปคุณค่าของสื่อการสอนได้ดังนี้
1. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้จากประสบการณ์ตรง
  2. ช่วยให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้มากขึ้น
  3. ช่วยเพิ่มทักษะในการเรียนรู้
  4. ช่วยให้จดจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากและนานวัน

5. ช่วยในการก่อให้เกิดรูปธรรม และความคิดรวบยอด (Concept) ในการเรียนรู้จึงลดการสื่อความหมายด้วยวาจา

6. ช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิดอย่างต่อเนื่อง
7. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องพื้นฐาน หรือภูมิหลังของผู้เรียนที่แตกต่างกัน
8. ช่วยให้ครูสอนได้ดีขึ้น และช่วยทำให้การสอนของครูบรรลุเป้าหมาย

#### จ. ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี

มีนักวิชาการกล่าวถึงลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้  
สุพจน์ ศุภกุล ( 2537: 440 – 441) กล่าวถึง ลักษณะของอุปกรณ์ที่ดีไว้ดังนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องจูงใจ เครื่องมือที่มีรูปร่างสีสรรจูงใจ จะมีผลต่อการเรียนการสอน มากต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องทำงานได้ตามต้องการ ไม่ใช่เมื่อนำไปทดลองแล้วเครื่องมือไม่ทำงาน ทำให้เสียเวลาเด็กจะรู้สึกเบื่อ ความสนใจในการเรียนจะลดลง

2. สะดวกในการใช้การปฏิบัติ เครื่องมือมีความคล่องตัวในการใช้ ไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุง่าย มีความปลอดภัยและสะดวกในการใช้

3. มีความคงทนถาวร อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรมีความคงทนถาวร มีอายุการใช้งานได้นาน

4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ควรเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก เมื่อออกแบบเสร็จแล้วสามารถสร้างได้ทันที วัสดุที่หาง่ายคือวัสดุที่มีในท้องถิ่นและวัสดุที่เหลือใช้ สิ่งเหล่านี้สามารถนำมาใช้สร้างอุปกรณ์ได้มากแล้วแต่ว่าจะนำมาดัดแปลงให้เป็นเครื่องมือชนิดใด

5. ควรใช้งานได้หลายอย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง ทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่เปลืองที่เก็บรักษา

6. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นควรมีรูปแบบกระจัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา ถ้ารูปร่างใหญ่เกินไปทำให้เปลืองเนื้อที่ ทางที่ดีอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรทำชิ้นส่วนเป็นชุดๆ และสามารถถอดเก็บได้สะดวก แต่ไม่ควรมีจำนวนชิ้นมากเกินไป เพราะอาจหายได้

ผู้วิจัยได้นำเอาลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีดังกล่าวข้างต้นมาพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนเรเตอร์ เพื่อให้อุปกรณ์ทดลองชุดนี้ มีลักษณะจูงใจผู้เรียน สะดวกในการใช้ มีความคงทน สะดวกในการเก็บและบำรุงรักษา

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทดแทนและสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์

#### ก. ความหมาย

ได้มีผู้ให้ความหมายอุปกรณ์ทดแทนและสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ธงชัย ชิวปรีชา และคนอื่นๆ (2526 : 209) ได้ให้ความหมายของอุปกรณ์ทดแทนไว้ว่า อุปกรณ์ทดแทนหมายถึงอุปกรณ์ที่ครูและนักเรียนร่วมกันสร้างขึ้นใช้เองจากวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุที่มีในท้องถิ่น เพื่อทดแทนอุปกรณ์ที่ต้องซื้อจากร้านขายอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

สกุรัตน์ พ่วงเดช (2529 : 33) กล่าวว่าอุปกรณ์ทดแทน หมายถึง อุปกรณ์การสอนที่ครู นักเรียน หรือสมาชิกในชุมชนได้สร้างขึ้นหรือร่วมมือกันสร้างขึ้น โดยใช้วัสดุเหลือใช้ในบ้าน วัสดุที่ได้เปล่า วัสดุราคาถูก ที่มีใช้ในท้องถิ่น เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน เป็นการทดแทนอุปกรณ์ที่ต้องซื้อจากร้านขายอุปกรณ์

ไพบุลย์ เจริญกุล (2532 : 713 - 715) กล่าวว่า การประดิษฐ์ หมายถึง การรู้จักคิด สร้างหรือจัดทำสิ่งต่างๆ ขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ หรือจัดทำขึ้นเพื่อความเพลิดเพลินในยามว่าง โดยนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุที่มีในท้องถิ่นมาประดิษฐ์ให้มีคุณค่าสามารถนำไปใช้ได้ตามต้องการ งานประดิษฐ์สามารถส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักนำเอาวัสดุเหลือใช้มาประดิษฐ์เป็นสิ่งของเครื่องใช้ให้มีคุณค่าขึ้น และยังให้รู้จักทำสิ่งของต่าง ๆ ขึ้นใช้เองได้

สมปัญญา ศรีภคานนท์ (2535 : 17) อธิบายว่าสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชิ้นงานที่มนุษย์ทำขึ้นจากวัสดุอุปกรณ์ โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นพื้นฐานในการคิดออกแบบดัดแปลง ปรับปรุง ซ่อมแซม หรือสร้างขึ้นใหม่

#### ข. คุณค่าของอุปกรณ์ทดแทน

ได้มีผู้กล่าวถึงคุณค่าของอุปกรณ์ทดแทนไว้มากมายด้วยกัน เช่น โช สาลีฉิน (2523 : 3) กล่าวว่าอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ และวัสดุในท้องถิ่นจะสอดคล้องกับแผนการสอนในบทเรียนต่างๆ ได้ดีและทำให้เกิดความคิดใหม่ๆ ในการประดิษฐ์ นอกจากนี้ยังทำให้บุคคลเห็นคุณค่าของทุกสิ่งทุกอย่างว่ามีประโยชน์ จะไม่ทิ้งสิ่งของต่างๆ โดยเปล่าประโยชน์ มีความรักในสิ่งของ มีนิสัยมัธยัสถ์ รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ มีความเพลิดเพลินในการประดิษฐ์ รักษาความเป็นระเบียบ เป็นผู้ทำงานอย่างมีระบบ รู้จักแก้ไขปัญหา รักการประดิษฐ์ เป็นคนมีเหตุผลที่ดี เป็นต้น

ธงชัย ชิวปรีชาและคนอื่นๆ (2526 : 209-210) กล่าวว่า การทำอุปกรณ์ทดแทนนั้น โดยทั่วไปจะช่วยประหยัดงบประมาณการซื้ออุปกรณ์ลงได้มากและเหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อ เพราะครูย่อมทราบดีว่าตนเองต้องการใช้ในเรื่องใด อย่างไร จึงสามารถออกแบบอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวิธีสอนของตนเองได้ดีที่สุดและถ้าครูและนักเรียนได้ร่วมมือกัน

วางแผนและสร้างอุปกรณ์แล้วจะเป็นการช่วยปลูกฝังค่านิยมในการคิดประดิษฐ์ด้วยตนเองทำให้เกิดเจตคติว่า การสร้างเครื่องมือ หรืออุปกรณ์วิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่เฉพาะนักวิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นที่จะทำได้ ใครๆ ก็สามารถคิดและประดิษฐ์ขึ้นได้ นอกจากนี้อุปกรณ์ทดแทนนอกจากครูจะเป็นผู้ออกแบบแล้วควรฝึกให้นักเรียนออกแบบด้วยตนเองด้วย เป็นการฝึกความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความเป็นนักประดิษฐ์ให้เกิดขึ้นในตัวเด็กได้เป็นอย่างดี

ชาร์มา (Sharma.1982 : 264 - 265) ได้กล่าวถึง คุณค่าของอุปกรณ์ทดแทน หรือ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ราคาถูกไว้ ดังต่อไปนี้

1. คุณค่าทางเศรษฐกิจ (Economic Value) อุปกรณ์ทดแทนจะช่วยประหยัดงบประมาณได้มาก เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านั้นประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ในบ้าน วัสดุราคาถูก และวัสดุได้เปล่าในท้องถิ่น ทั้งยังประดิษฐ์ได้จำนวนมากเพียงพอกับจำนวนนักเรียน
  2. คุณค่าทางวิชาการ (Educational and Psychological Value) อุปกรณ์ทดแทนจะทำให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งในหลักการต่าง ๆ เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทำให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างในทางที่มีประโยชน์และเมื่อนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างอุปกรณ์ จะทำให้นักเรียนมีความรู้สึกว่าได้ประสบความสำเร็จในการทำงานมีความเชื่อมั่นในตนเอง ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะคิดสิ่งใหม่ๆ ต่อไป
  3. คุณค่าทางสังคม (Social Value) อุปกรณ์ทดแทนจะทำให้นักเรียนรักการทำงานด้วยการใช้ฝีมือของตนเอง มีเจตคติที่จะพัฒนาปรับปรุงคุณภาพชีวิตของตนและสังคม
- จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ทดแทนให้คุณค่าในหลายๆ ด้าน คือ ในการบริหารเป็นการประหยัดงบประมาณและส่งเสริมความสามารถของบุคลากร ในด้านตัวนักเรียนอุปกรณ์ทดแทนจะช่วยเสริมสร้างความรู้ที่ลึกซึ้งเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ มีความเชื่อมั่นในตนเองและในด้านการเรียนการสอนครูจะได้ใช้อุปกรณ์ที่สอดคล้องกับวิธีสอนของตนและเหมาะสมกับผู้เรียน อันเป็นทางเสริมสร้างประสิทธิภาพของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มพูนยิ่งขึ้น

#### ค. ความมุ่งหมายในการสร้างอุปกรณ์ทดแทน

ธงชัย ชิวปรีชา และคนอื่นๆ (2526 : 209 - 210) ได้กล่าวถึงความมุ่งหมายในการสร้างอุปกรณ์ทดแทนไว้ สรุปได้ 5 ประการ คือ

1. เพื่อให้มีอุปกรณ์เพียงพอกับจำนวนนักเรียน
2. เพื่อประหยัดรายจ่าย
3. เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการสอนของครู
4. เพื่อปลูกฝังค่านิยมในการคิดประดิษฐ์สิ่งของด้วยตนเอง
5. เพื่อฝึกความคิดสร้างสรรค์

### ง. ขั้นตอนของการสร้างอุปกรณ์ทดแทน

ขั้นตอนในการสร้างอุปกรณ์เป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการสร้างเริ่มตั้งแต่ศึกษาจุดประสงค์ของเนื้อหาแล้วนำมาออกแบบกำหนดวัสดุและดำเนินการสร้าง

โซ สาสีจัน (2523 : 4 - 5) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นตอนที่ควรใช้ในการสร้างและประดิษฐ์อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ต้องทราบหลักการทำงาน (Functions) ของเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นนั้นเสียก่อนว่าจะให้เครื่องมือชิ้นนั้นทำงานอย่างไร

2. เลือกวัสดุที่จะใช้ออกแบบสร้าง จะต้องเลือกวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือที่หาได้ง่าย เมื่อใช้วัสดุที่เลือกแล้วควรจะให้ทำงานได้ดี สะดวกในการใช้การปฏิบัติ การเก็บรักษาสะดวก และมีความคงทนถาวร

3. ดำเนินการออกแบบสร้าง เมื่อเลือกวัสดุได้แล้ว ก็ต้องนำมาพิจารณาออกแบบเพื่อที่จะให้เครื่องมือทำงานได้ตามต้องการ จะตัดต่อ เจาะ หรือทำอะไร ต้องคำนึงอย่างรอบคอบ มิฉะนั้นจะทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ

4. เมื่อคิดได้รูปร่างลักษณะที่ค่อนข้างแน่นอนแล้วก็เขียนรูปร่างคร่าวๆ ได้ พิจารณาใหม่หลายๆ ครั้งว่า ควรจะตัดแปลงแก้ไข ปรับปรุงอะไรอีกบ้างจนได้แบบที่แน่นอนแล้วจึงเขียนรูปแสดงสัดส่วนรายละเอียดต่างๆ เอาไว้ จากนั้นจึงเริ่มสร้างตามแบบที่เขียนไว้จนเสร็จเรียบร้อย

5. ทำการตรวจสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นว่าทำงานได้ดีเพียงไร โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นมาทดลองดูการทำงานพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลไว้ ทดลองหลาย ๆ ครั้ง เปรียบเทียบข้อมูลที่บันทึกไว้แต่ละครั้ง ถ้าได้ผลตรงกันทุกครั้ง ตรงตามความต้องการ แสดงว่าการออกแบบเครื่องมือชิ้นนี้ดี ถ้าผลใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าการออกแบบนั้นดีพอใช้ ถ้าได้ผลต่างกันมาก แสดงว่าการออกแบบนั้นยังไม่มีดี จะต้องตัดแปลงและปรับปรุงแก้ไขใหม่

6. ทำการปรับปรุงแก้ไข จนกว่าจะได้ผลดี ถ้าเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นนั้น เมื่อนำไปทดลองแล้วผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนมาก ต้องนำเครื่องมือชิ้นนั้นมาแก้ไขใหม่ หาสาเหตุว่าอะไรบ้างที่อาจจะทำให้ผลของการทดลองมีความคลาดเคลื่อนแล้วลองแก้ไขตรวจสอบขั้นที่ 4 อีกจนกว่าจะได้ผลเป็นที่พอใจ

วาสนา ชาวหา (2524 : 119) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการสร้างอุปกรณ์อย่างง่ายไว้ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเนื้อหาวิชาหรือรายละเอียดในบทเรียนให้ลึกซึ้งเสียก่อน เพื่อนำความรู้ไปออกแบบอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับบทเรียนหรือหลักสูตร

2. ร่างแบบคร่าวๆ แล้วพิจารณาหลาย ๆ ครั้ง ว่าควรจะปรับปรุงแก้ไขหรือตัดแปลงอย่างไรบ้าง เมื่อได้แบบที่แน่นอนแล้ว จึงเขียนเป็นรูปแบบแสดงรายละเอียดและสัดส่วนอย่างชัดเจน

3. เลือกวัสดุที่จะใช้เป็นอุปกรณ์การสอนอย่างง่าย ให้เหมาะสมกับแบบที่เขียนไว้ วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก มีความคงทน เมื่อเรานำมาใช้ทำอุปกรณ์การสอนแล้วสามารถใช้ได้ดี สะดวกในการใช้ การปฏิบัติ และการเก็บรักษา

4. สร้างอุปกรณ์การสอนตามแบบที่เขียนไว้ในข้อ 2 โดยคำนึงถึงความเรียบร้อย ประณีต และถูกต้องตามแบบที่เขียนไว้ทุกประการ

5. ตรวจสอบอุปกรณ์การสอนที่สร้างเสร็จแล้วว่าใช้ได้ผลดีเพียงใด โดยนำอุปกรณ์การสอนที่สร้างขึ้นนั้นมาทดลองใช้ และจดบันทึกข้อมูลไว้ กระทำหลาย ๆ ครั้ง เปรียบเทียบผลจากข้อมูลที่บันทึกไว้ในแต่ละครั้งว่าได้ตรงกัน ไกลเคียงกันหรือต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าได้ผลตรงกันทุกครั้งแสดงว่า การออกแบบอุปกรณ์การสอนนั้นดี ถ้าผลใกล้เคียงกันแสดงว่าการออกแบบอุปกรณ์นั้นอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ถ้าได้ผลต่างกันมากแสดงว่าการออกแบบยังไม่ดีพอ ควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงหรือดัดแปลงจนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจและเชื่อถือได้จึงจะนำอุปกรณ์การสอนนี้ไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพซึ่งเป็นผลดีต่อการเรียนการสอน อุปกรณ์การสอนที่นำมาใช้ไปแล้วเกิดขัดข้องหรือไม่เป็นไปตามที่คาดหมายก็จะทำให้เสียเวลาต้องแก้ไขปรับปรุงในขณะที่ทำการสอนเป็นสาเหตุให้นักเรียนเบื่อหน่าย และขาดความเชื่อมั่นในตัวครู ซึ่งเป็นผลเสียต่อบุคลิกภาพและการสอนของครูในโอกาสต่อไป

ชาร์มา (Sharma. 1982 : 262 - 263) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมาย โดยจุดมุ่งหมายของอุปกรณ์ที่จะสร้างขึ้นต้องคำนึงถึง ความรู้ ทักษะ เจตคติและเหมาะสมกับผู้ใช้ด้วย

2. เตรียมการออกแบบโดยคำนึงถึงชนิดวัสดุ ราคา ความคงทนและวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

3. สร้างอุปกรณ์โดยนักเรียน ครู ผู้เชี่ยวชาญ หรือร่วมมือกันระหว่างกลุ่มบุคคลแต่ละฝ่ายที่อยู่ในชุมชน

4. ทดลองใช้อุปกรณ์ เพื่อหาข้อบกพร่อง และปรับปรุงแก้ไข

5. ดำเนินการผลิต

จากแนวความคิดและข้อเสนอแนะขั้นตอนต่างๆ ในการสร้างอุปกรณ์ราคาถูก หรืออุปกรณ์อย่างง่ายนั้น พอจะสรุปได้ว่า ขั้นตอนในการสร้างอุปกรณ์มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตรและเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดจุดมุ่งหมาย หรือจุดประสงค์การเรียนรู้
3. สรรวจวัสดุในท้องถิ่นที่จะนำมาใช้สร้างอุปกรณ์
4. ดำเนินการสร้างอุปกรณ์
5. ทดลองใช้

## 6. ประเมินผลการใช้

### 7. ปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ในการพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนเรเตอร์ ผู้วิจัยจะนำแนวคิดและหลักการข้างต้นมาประยุกต์ เพื่อให้ชุดทดลองที่จะพัฒนาขึ้นและสามารถตอบสนองทั้งผู้เรียนและผู้สอนให้ได้รับประโยชน์มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

## จ. แหล่งวัสดุทดแทน

วัสดุที่จะนำมาใช้สร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์นั้นมีมากและมีอยู่รอบตัวเราดังที่ โส สาส์นัน (2523 : 16 - 18) ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. ภายในบ้าน เช่น ถ่านไฟเก่า ๆ เศษสายไฟ เศษสังกะสี เศษไม้ เศษกระดาด กล่องยาสีฟัน จุกปิดหลอดยาสีฟัน ขวดแก้ว ขวดพลาสติก ขวดน้ำมันพืช กระป๋องนม กระป๋องโอวัลติน ขามแตก หลอดกาแฟ ถังพลาสติก กระดาดตะกั่วของบุหรี ปากกาถูกลื่นที่ใช้แล้ว

2. ภายในโรงเรียน เช่น ใสปากกาที่ใช้หมดแล้ว หลอดแก้ว หลอดพลาสติก ถังพลาสติก ขวดแตก หลอดไฟที่เสียแล้ว เศษกระดาด เป็นต้น

3. ภายในร้านค้า เช่น ร้านอาหาร ร้านกาแฟ ร้านขายของต่าง ๆ วัสดุเหลือใช้ที่ขอบริจาคได้ เช่น ถังพลาสติก กระป๋องนม กระป๋องโอวัลติน ขวดเบียร์ ขวดยาบำรุงกำลัง ถ้วยใส่ไอศกรีม ขวดน้ำมันพืช โหลแตก ขวดพลาสติกต่างๆ ฝาขวดน้ำอัดลม ถาดใส่ขนม หม้อแกง ฯลฯ

4. โรงพยาบาล สิ่งที่จะได้รับ เช่น ขวดน้ำเกลือ ถังน้ำเกลือ กระบอกฉีดยา พลาสติก ขวดยาต่างๆ ขวดผงขัดห้องน้ำ ฯลฯ

5. จากงานเลี้ยง วัสดุที่หาได้ เช่น แก้วแตก ขวดเบียร์ ขวดสุรา กระป๋องเบียร์ หลอดกาแฟ หลอดไฟเสีย กระป๋องนม ฯลฯ

6. วัสดุในท้องถิ่น วัสดุในท้องถิ่นที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ หิน ดิน ไม้ นานาชนิด แผลง ไม้ไผ่ ปลานานาชนิด เป็นต้น

7. ขอบริจาคจากองค์กรการ สมาคม มูลนิธิ บริษัท และห้างร้าน เช่น องค์การยูนิเซฟ มูลนิธิเอเซีย สำนักข่าวสารต่างๆ

8. จากโรงงานต่างๆ เช่น ขี้เลื่อย เศษไม้ กระบอกสูบ ลูกสูบ เครื่องยนต์เก่า ๆ ฯลฯ

9. จากที่สาธารณะ เช่น เปลือกหอย หิน ทราวย จากชายทะเล ขวดต่างๆ กระป๋อง เศษไม้ เศษโลหะ เศษสายไฟที่ทิ้งอยู่ตามถนน

จะเห็นได้ว่า ครู จะสามารถหาวัสดุอุปกรณ์จากแหล่งต่าง ๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติของวัตถุนั้นให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ทดแทน เช่น โลหะหรือพลาสติก สายไฟฟ้าที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการวิจัยเพื่อ

พัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอร์เจเตอร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น อุปกรณ์บางส่วนจะได้จากวัสดุที่เหลือใช้ และวัสดุที่มีอยู่ในโรงเรียนแล้ว ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้าง

#### จ. สิ่ง值得พิจารณาในการสร้างอุปกรณ์ทดแทน

ชาร์มา (Sharma. 1982 : 261 - 262) ได้เสนอข้อพิจารณาในการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ใช้วัสดุ หรือวัตถุดิบที่ได้เปล่า หรือราคาต่ำ หรือที่มีอยู่ในท้องถิ่น
2. ไม่ควรต้องใช้ความชำนาญมากเป็นพิเศษในการประกอบและควรทำได้โดย

นักเรียน ครู หรือสมาชิกในชุมชน

3. ต้องนำไปสู่ความเข้าใจในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและง่าย
4. กระบวนการในการสร้างต้องง่าย ไม่ยุ่งยาก และราคาถูก
5. ต้องไม่ซับซ้อน ให้ผลถูกต้องเที่ยงตรงกับระดับของผู้ใช้หรือระดับของนักเรียน
6. ต้องกระตุ้นความคิด การตอบสนอง การอภิปราย การทดลองและการศึกษาค้นคว้า

เพิ่มเติม

7. ต้องไม่ทำให้เซว (Distraction) หรือทำให้เกิดความสับสน (Conflict) หรือทำให้เกิดความลำเอียง (Bias)

8. ต้องไม่สิ้นเปลืองเวลามาก

โซ สาลิฉัน (2523 : 10 - 12) ได้ให้ข้อพิจารณาเกี่ยวกับอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไว้ดังต่อไปนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องจูงใจ ถ้ารูปร่างจูงใจ จะมีผลดีต่อการเรียนการสอนมาก เพราะเมื่อครูนำเครื่องมือเข้าไปในห้องเรียน นักเรียนมองเห็นก็จะเริ่มสนใจ อยากรู้ว่าเครื่องมือนี้จะใช้ทำอะไร มีผลอย่างไร ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนมากขึ้น ผลของการเรียนการสอนก็จะได้ผลเต็มที่

2. ต้องทำงานได้ (Functions) ตามต้องการ ถ้าเครื่องมือไม่ทำงานต้องเสียเวลาแก้ไข ขณะเรียนทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ความสนใจการเรียนจะลดลง

3. สะดวกในการใช้และปฏิบัติ เพื่อจะได้มีความคล่องตัวในการใช้และทดลองไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัยแก่ครูและนักเรียน

4. มีความคงทนถาวร อุปกรณ์ที่มีความคงทนถาวรจะมีอายุการใช้งานได้นานเป็นการประหยัดไม่ต้องจัดซื้อจัดทำบ่อยๆ

5. วัสดุที่สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะได้สร้างได้ทันที ถ้าวัสดุหาได้ยาก หรือหาไม่ได้ก็ไม่มีโอกาสได้สร้าง การออกแบบเครื่องมือนั้นก็สูญเปล่า

ไม่เกิดประโยชน์ วัสดุที่หาได้ง่าย ได้แก่ วัสดุที่มีในท้องถิ่น วัสดุเหลือใช้ วัสดุเหล่านี้นำไปประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการสอนได้ดี

6. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก ทั้งนี้เนื่องจากในโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องนี้น้อยมาก ถ้าเราออกแบบที่ใช้วัสดุราคาถูกสร้างก็จะพอมีเงินซื้อวัสดุราคาถูกเป็นการประหยัดเงินของโรงเรียนและยังทำให้สร้างอุปกรณ์ได้จำนวนมากขึ้นอีกด้วย

7. ควรใช้งานได้หลายอย่างเพื่อจะได้คุ้มค่าแก่การสร้าง สิ้นเปลืองน้อยและไม่เปลืองที่เก็บรักษา

8. สะดวกในการเก็บรักษา ควรออกแบบให้มีรูปร่างกระทัดรัด อาจจะทำชิ้นส่วนเป็นชุด และถอดเก็บได้สะดวก แต่ไม่ควรมีจำนวนมากเกินไป จะตกขายได้ง่าย

9. มีเสถียรภาพดี เพื่อจะได้ไม่ล้มง่าย ทำให้ไม่ชำรุด ไม่เสียเวลาซ่อม จึงควรออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐานตั้ง และต่ำใกล้ฐาน จึงจะมีเสถียรภาพดี

10. เวลาสาธิตหรือปฏิบัติการทดลองต้องให้ผู้เรียนมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน ดังนั้นอุปกรณ์ที่สร้างต้องไม่เล็กเกินไป ชิ้นส่วนประกอบต้องไม่บ่งกัน

จากแนวทางการพิจารณาในการสร้างอุปกรณ์ของผู้เชี่ยวชาญการสร้างและออกแบบอุปกรณ์ดังกล่าวแล้วนี้พอจะสรุปเป็นหลักเกณฑ์ในการสร้างอุปกรณ์ทดแทนได้ 10 ประการ ดังนี้

1. ประหยัดค่าใช้จ่าย โดยใช้วัสดุที่ได้เปล่า วัสดุราคาถูก ที่มีในท้องถิ่น
2. ทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ ในการสร้างอุปกรณ์ทดแทนนี้ อาจทำได้โดยครู นักเรียน หรือสมาชิกในชุมชน
3. นำไปสู่จุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อสรุป หรือหลักการได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ
4. อุปกรณ์นี้ต้องพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5. ให้ใช้การทดลองที่ถูกต้อง เทียบตรง เหมาะสมกับระดับผู้เรียน

6. มีความคงทนถาวร

7. ใช้สะดวก และปลอดภัย

8. การสร้างอุปกรณ์ไม่สิ้นเปลืองเวลามาก

9. ชำรุดแล้วซ่อมเองได้ด้วยครู หรือนักเรียน หรือสมาชิกในชุมชน

10. เก็บรักษาง่าย

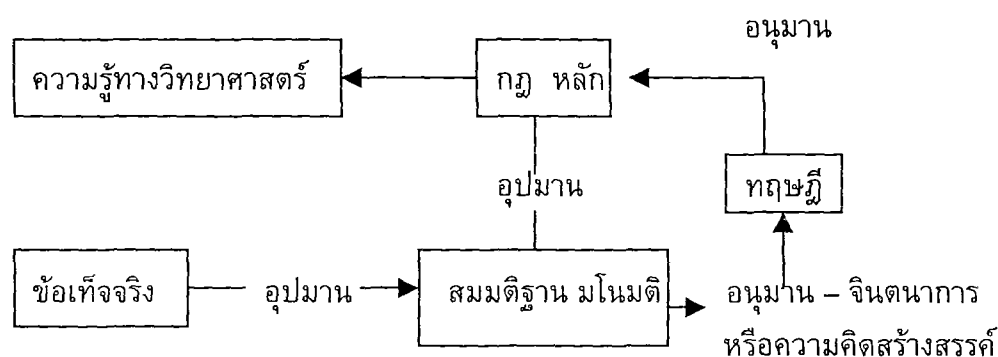
ในการสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ ผู้วิจัยได้นำหลัก 10 ประการนี้มาประยุกต์ใช้เพื่อให้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพและสวยงาม จูงใจผู้เรียนและประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งนี้โดยยึดหลักว่า อุปกรณ์การสอนนั้นต้องสร้างสิ่งเร้า ยั่วยุให้ผู้เรียนอยากตอบสนองหรืออยากเรียน และ

สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 4. เอกสารเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ หมายถึง ส่วนที่เป็นตัวความรู้ (Body of Knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อเท็จจริง (Fact) มโนคติ (Concept) หลักการ (Principle) กฎ (Law) ทฤษฎี (Theory) สมมติฐาน (Hypothesis) และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ (Process of Scientific Inquiry)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ ส่วนที่เป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นหลังจากที่ได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ดำเนินการค้นคว้าและตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อได้ ความรู้นั้นจะถูกรวบรวมไว้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งสรุปความสัมพันธ์ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 30 แสดงความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดและการกระทำอย่างมีระบบในการค้นคว้าข้อเท็จจริง หาคำความรู้ต่าง ๆ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติและจากสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเรา โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย

1. ระบุปัญหา
2. ตั้งสมมติฐาน
3. พิสูจน์หรือทดลอง
4. สรุปผลและการนำไปใช้

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ผลของการศึกษาค้นคว้าจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะนิสัยของบุคคลนั้น ๆ เป็นองค์ประกอบอีกด้วย คุณลักษณะนิสัยที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแสวงหาความรู้

เรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย

1. มีความละเอียด ถี่ถ้วน อุตสาหะ
2. มีความอดทน
3. มีเหตุผลไม่เชื่อสิ่งใดง่าย ๆ โดยปราศจากข้อเท็จจริงมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
4. มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเพียง

ฝ่ายเดียว

5. มีความกระตือรือร้นที่จะค้นหาความรู้
6. มีความซื่อสัตย์สุจริต
7. สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
8. ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ ๆ

นอกจากนี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนที่สำคัญในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รวบรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะดังนี้ (สสวท. 2526 : 1 – 6)

1. ทักษะการสังเกต (Observation)
2. ทักษะการวัด (Measurement)
3. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification)
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา (Space/

Space Relationship and Space/Time Relationship)

5. ทักษะการคำนวณ (Using Number)
6. ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and

Communication)

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering)
8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction)
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypothesis)
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)
12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)
13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and

Conclusion)

เรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย

1. มีความละเอียด ถี่ถ้วน อุตสาหะ
2. มีความอดทน
3. มีเหตุผลไม่เชื่อสิ่งใ้ง่าย ๆ โดยปราศจากข้อเท็จจริงมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
4. มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเพียง

ฝ่ายเดียว

5. มีความกระตือรือร้นที่จะค้นหาความรู้
6. มีความซื่อสัตย์สุจริต
7. สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
8. ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ ๆ

✖ นอกจากนี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนที่สำคัญในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รวบรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะดังนี้ (สสวท. 2526 : 1 – 6)

1. ทักษะการสังเกต (Observation)
2. ทักษะการวัด (Measurement)
3. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification)
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship)
5. ทักษะการคำนวณ (Using Number)
6. ทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering)
8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction)
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypothesis)
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)
12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)
13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)

✖

## 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นผลการเรียนรู้ทางด้านจิตพิสัยที่สำคัญประการหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ควบคู่กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นเจตคติเชิงสังคมที่เน้นถึงท่าที ความรู้สึกในทำนองเห็นด้วย เป็นกลางหรือไม่เห็นด้วย ในขณะที่เจตคติทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นพฤติกรรมเฉพาะทางตามแนวที่เป็นแนวพฤติกรรมอุดมคติของนักวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยเน้นเฉพาะประเด็นที่เป็นเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ซึ่งในการสร้างเครื่องมือวัด “เจตคติต่อ” จำเป็นต้องอาศัยกรอบความคิดที่เป็นท่าที ความรู้สึกนั้นในที่นี้จะใช้กรอบความคิดที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2528 : 29 – 30) เสนอไว้ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสียสำหรับวิธีการสร้างเครื่องมือใช้วิธีของลิเคิร์ต ซึ่งมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้
1. สร้างข้อความที่เกี่ยวกับการแสดงเจตคติที่ต้องการศึกษาให้มากพอและครบถ้วน

ครอบคลุม ลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกหรือนิมาน (Positive) และทางลบหรือนิเสธ (Negative) เท่านั้น

2. กำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อความแต่ละข้อความ (ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย) เป็น 5 ระดับคือ

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Agree)
2. เห็นด้วย (Agree)
3. ไม่แน่ใจ (Uncertain)
4. ไม่เห็นด้วย (Disagree)
5. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Disagree)

3. กำหนดคะแนนเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็นดังนี้

| ทิศทางของข้อความ | เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
|------------------|-----------------------|----------|----------|-----------------|--------------------------|
| ข้อความเชิงนิมิต | 5                     | 4        | 3        | 2               | 1                        |
| ข้อความเชิงนิเสธ | 1                     | 2        | 3        | 4               | 5                        |

4. นำข้อความและมาตรวัดมาจัดเป็นแบบวัดเจตคติตามรูปแบบตาราง 2 มิติคือ

|         |                   |          |          |             |                      |
|---------|-------------------|----------|----------|-------------|----------------------|
|         | มาตรวัด           |          |          |             |                      |
|         | เห็นด้วยอย่างยิ่ง | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| 1       |                   |          |          |             |                      |
| 2       |                   |          |          |             |                      |
| 3       |                   |          |          |             |                      |
| .       |                   |          |          |             |                      |
| .       |                   |          |          |             |                      |
| ข้อความ |                   |          |          |             |                      |
| .       |                   |          |          |             |                      |
| .       |                   |          |          |             |                      |
| k       |                   |          |          |             |                      |

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ในด้านแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกทางสติปัญญาและอารมณ์ ซึ่งกำหนดมาตรวัดของคำตอบในแต่ละข้อความ ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย เป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต มีจำนวนทั้งสิ้น 32 ข้อ โดยพิจารณาประเด็นความสนใจของผู้เรียน การนำไปประยุกต์ใช้การแก้ปัญหา ความยากง่ายและความเหมาะสมกับเวลา ความแข็งแรงทนทาน ความปลอดภัยในการเรียนการใช้ความสามารถของตนเองในศึกษาตลอดจนการได้รับความรู้จากชุดทดลองดังกล่าว

## 6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### ก. งานวิจัยในประเทศ

สนอง ทองปาน (2537 : 76 - 81) ได้พัฒนาเครื่องอัดขยายภาพขาวดำที่มีราคา ถูกเพื่อใช้ทดแทนเครื่องอัดขยายภาพมาตรฐาน และได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับ ความสามารถในการอัดขยายภาพขาว-ดำของนักเรียน โดยใช้เครื่องอัดขยายที่พัฒนาขึ้นกับที่ ได้รับการสอนโดยใช้เครื่องอัดขยายภาพมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประโยชน์ทางการศึกษาทดแทนอุปกรณ์ที่มีจำหน่าย ตามท้องตลาด ซึ่งมีราคาแพงได้

ธนพรรษ เหมเชื้อ (2542 : 74) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ ออสซิลโลสโคปจากโทรทัศน์ขาวดำ เพื่อใช้แสดงสัญญาณคลื่นทางไฟฟ้าประกอบการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า ออสซิลโลสโคปจากโทรทัศน์ ขาวดำที่พัฒนาขึ้นใช้งบประมาณในการจัดสร้างน้อยแต่มีคุณลักษณะด้านประสิทธิภาพและด้าน ส่งเสริมการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ศิริเพ็ญ จีงตระกูล (2542 : 174) ได้สร้างชุดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยสอน วิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษา พบว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มี ประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ตามทฤษฎี ครูผู้สอนและนักเรียนมีเจตคติต่อชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้

จากงานวิจัยดังกล่าว พอสรุปได้ว่า อุปกรณ์การทดลองที่พัฒนาขึ้นหรือสร้างขึ้นมา ทดแทนมีประสิทธิภาพทางการศึกษาสูงแต่ราคาถูกกว่าราคาที่จำหน่ายในท้องตลาด

### ข. งานวิจัยในต่างประเทศ

การ์ซอน (Garzon, 1964 : 1025) ได้วิเคราะห์ปัญหาในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับประถมศึกษาของประเทศฟิลิปปินส์ พบปัญหาต่างๆ ดังนี้ คือ

1. อุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ
2. ขาดตำรา และนิตยสารต่าง ๆ ที่จะช่วยส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ให้ได้ผลดี
3. ความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ของครูมีไม่
4. ไม่มีการอบรมครูวิทยาศาสตร์ให้ก้าวหน้าทางวิชาการ
5. วิธีการประเมินผลผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ดีพอ
6. หลักสูตรและประมวลการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่าง

เต็มที่

7. ครูวิทยาศาสตร์มีจำนวนชั่วโมงสอนมากเกินไป จนไม่มีโอกาสได้ปรับปรุงการสอนของตนเอง

8. ครูไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายและการตั้งจุดมุ่งหมายเฉพาะในการสอนระดับประถมศึกษาดีพอ

สเปน (Spain. 1971 : 285 – 290) ได้ศึกษาถึงปัญหาเกี่ยวกับการเรียนวิทยาศาสตร์ การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ วิธีและเทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาและความยุ่งยากทั่วไปในการสอนวิทยาศาสตร์ จากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ 33 คน ใน 8 โรงเรียน ในไนจีเรียตอนเหนือ (Northern Nigeria) ผลการวิจัยพบว่า

1. มีครูจำนวน 18 คน คิดว่าแบบเรียนยังไม่เพียงพอสำหรับเด็กและเนื้อหาในแบบเรียนยังไม่เหมาะสม

2. มีครูจำนวน 16 คน เห็นว่า เครื่องมือการทดลองเพียงพอแล้ว แต่ยังมีครูอีก 15 คน ยังเห็นว่า ต้องการเครื่องมือในการทดลองวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้น

3. มีจำนวนครู 32 คน มีความเห็นว่า ควรจะได้มีการทบทวนวิธีการทดลองใหม่และการสอนเนื้อหา นั้นควรจะเน้นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเด็กมากขึ้น

จากงานวิจัยต่างประเทศ สรุปได้ว่าครูต้องการให้มีการแนะนำช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์การทดลอง และมีปัญหามากในด้านไม่มีอุปกรณ์เพียงพอ ไม่มีเวลาเตรียมอุปกรณ์และขาดความรู้ในการสร้างและใช้อุปกรณ์

### สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพทางด้าน ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษา การซ่อมแซม และความเหมาะสมนำไปประกอบการเรียนการสอนอยู่ในระดับดี

2. การทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบการเรียนการสอน ทางด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการเสาะแสวงหาความรู้ได้ผลตามเกณฑ์ ร้อยละ 80

3. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ 2) การทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ประกอบการเรียนการสอน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

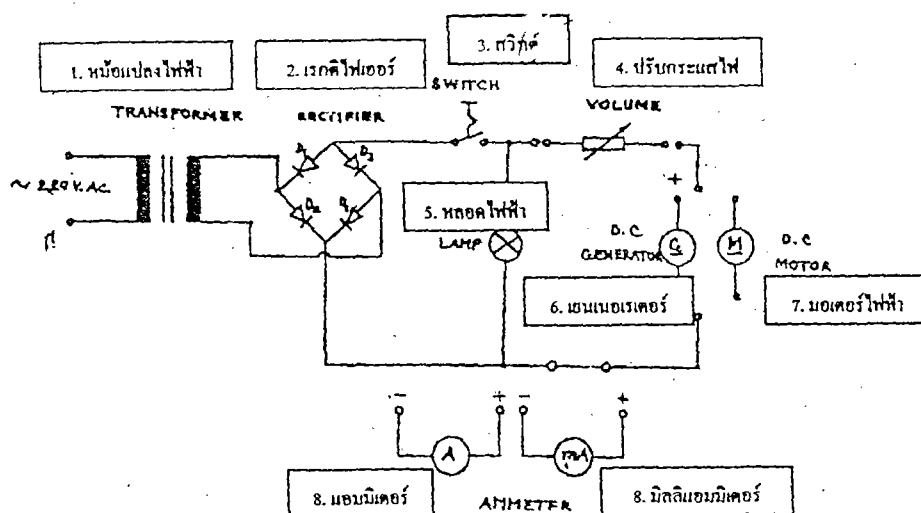
##### 1. การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์

ในการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนย่อย 8 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบอุปกรณ์และโครงสร้างฐานยึดอุปกรณ์ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ 2) การกำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ 3) การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ 4) การออกแบบวงจรและสร้างชุดควบคุมภูมิมือขวาของฟาราเดย์ 5) การเปรียบเทียบชุดทดลองที่มีอยู่เดิมกับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 6) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ 7) การประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ 8) การสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์และโครงสร้างฐานยึดในแต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการดังนี้

##### 1.1 การออกแบบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลองและสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)

ในขั้นการออกแบบและสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหา แรงกระทำบนขดลวดสี่เหลี่ยมที่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าในหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์จากเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ดังวงจรที่แสดงในภาพประกอบ 31

### วงจรชุดทดลองมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)



ภาพประกอบ 31 แสดงการต่อวงจร

หลักการทำงานในวงจรนี้ 1. หม้อแปลง (Transformer) แปลงไฟฟ้าแรงเคลื่อน 220 โวลต์ เป็น 6,9,12 โวลต์ (AC) 2. วงจรแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Rectifier) แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ AC, 6, 9, 12 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 3. สวิตช์ (Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อไฟฟ้าที่จะนำไปใช้ในระบบทดลอง 4. โวลุ่ม (Volume) เป็นที่ปรับกระแสไฟฟ้าให้เข้าในระบบทดลองตามต้องการ 5. มอเตอร์กระแสตรง (Motor D.C.) และ เจนเนอเรเตอร์ (Generator) เป็นตัวแสดงผลการทดลอง 6. แอมมิเตอร์ (Ammeter) เป็นตัววัดปริมาณกระแสไฟไหลเข้ามอเตอร์ 7. มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) วัดปริมาณกระแสไฟและทิศทางการไหลของกระแสไฟจากเจนเนอเรเตอร์

#### การทำงานของวงจรมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (D.C.)

เมื่อเสียบสายไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) ผ่านอนุกรมเข้ากับ แอมมิเตอร์แล้วต่อจากแอมมิเตอร์ไปเข้าปลั๊กของมอเตอร์จนครบวงจรแล้วเปิดสวิตช์มอเตอร์จะทำงานหมุนไปตามกฎมือขวาของฟาราเดย์ไม่ว่าจะเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟหรือทิศทางของ

สนามแม่เหล็ก เมื่อต้องการจะศึกษาหาความสัมพันธ์ของสูตร  $F = ILB \sin \theta$  ก็สามารศึกษาต่อเนื่องได้ เมื่อต้องการศึกษาตัวแปรปริมาณกระแสไฟฟ้าก็ปรับโวลลุ่มเพิ่มหรือลดปริมาณกระแสไฟฟ้าแล้ว ต่อเครื่องมือวัดปริมาณขนาดของ  $F$  ที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์ได้

1. เมื่อต้องการศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปรของความยาวลวดอเมเจอร์ ก็เอาชุดทดลองเพิ่ม ขดลวดอเมเจอร์ใส่เข้าไปในอเมเจอร์ และต่อชุดเครื่องมือวัดปริมาณขนาดของแรง  $F$  ที่กระทำต่อลวดอเมเจอร์ได้ เมื่อต้องการศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปรปริมาณ ความเข้มของสนามแม่เหล็กให้หมุนตัวปรับระยะห่างของสนามแม่เหล็ก เมื่อต้องการเพิ่มปริมาณความเข้มของสนามแม่เหล็กให้หมุนตัวปรับเข้า เมื่อต้องการลดปริมาณสนามแม่เหล็กให้หมุนตัวปรับออกแล้วต่อเครื่องมือวัดปริมาณขนาดของแรง  $F$  ที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์

2. เมื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร  $\sin \theta$  ของมุมที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดอเมเจอร์ให้หมุนชุดแม่เหล็กตามขนาดของมุมที่ต้องการแล้วต่อเครื่องมือวัดปริมาณขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์

3. การทำงานของวงจรเอนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) นำสายขั้วของเอนเนอเรเตอร์ต่อเข้ากับมิลลิแอมมิเตอร์แล้วใส่สายพานพูลเลย์ ใช้มือหมุนพูลเลย์ให้ขดลวดอเมเจอร์หมุนตัดกับสนามแม่เหล็กเข็มมิลลิแอมมิเตอร์จะขยับทวนกับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าตามหลักการเหนี่ยวนำตามกฎของไมเคิลฟาราเดย์ และเมื่อหมุนเร็วขึ้นปริมาณกระแสจะเพิ่มขึ้นไม่ว่าจะหมุนไปทางใด ทิศกระแสเหนี่ยวนำจะเป็นไปตามกฎมือขวาของไมเคิลฟาราเดย์

1.2 การกำหนดวัสดุอุปกรณ์ ในการสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์

ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติต่อไปนี้ มีคุณภาพดี, แข็งแรง, ทนทาน, หาซื้อได้ง่าย, ราคาถูกและความเหมาะสมของวัสดุเป็นสำคัญ โดยได้ปรึกษาคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ซึ่งวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ประกอบด้วย

- แผ่นพลาสติก
- เหล็กเส้นไลท์เกรด 2 x 2 เซนติเมตร
- ลวดทองแดงอาบนํ้ายา SWG เบอร์ 21 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8

มิลลิเมตร

- ทองแดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ยาว 9 เซนติเมตร
- เครื่องชั่งสปริง หน่วยเป็นนิวตัน
- สติกเกอร์สี
- สีสเปรย์
- นํ้ายาเชื่อมพลาสติก
- ชุดระบบไฟวิ่ง
- ลูกปืนบอลแบริ่ง

- เหล็กแข็ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ยาว 30 มิลลิเมตร
- หม้อแปลงไฟฟ้า AC 220 V. เป็น DC. 6 - 12 V.
- แอมมิเตอร์
- สายไฟฟ้า
- หลอด Led
- ตัวความต้านทานคงที่ 5 K  $\Omega$

### 1.3 การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

#### 1.3.1 การสร้างส่วนประกอบของชุดมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(D.C.)

##### 1.3.1.1 ชุดลวดทองแดง 3 WG 21

##### 1.3.1.2 ซีคอมมิวเตเตอร์ ทำด้วยทองแดง

##### 1.3.1.3 ฉนวนไฟเบอร์หนา 1 มิลลิเมตร

##### 1.3.1.4 แกนเหล็กกลาง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร

##### 1.3.1.5 แม่เหล็กถาวร 2 ชุด

##### 1.3.1.6 แอมมิเตอร์

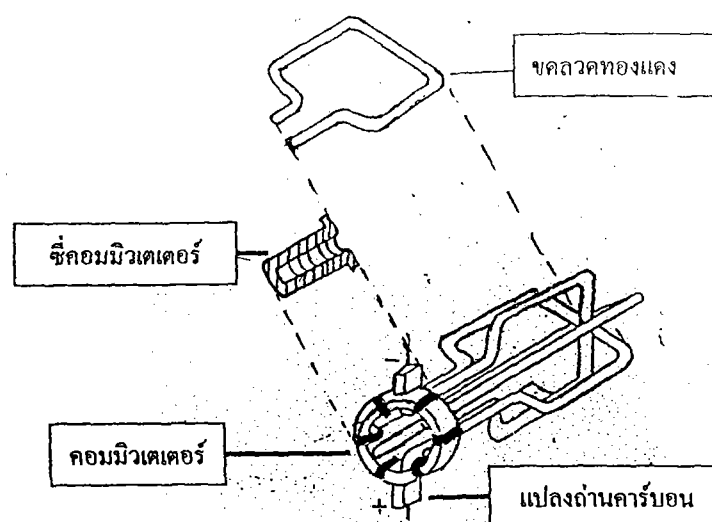
##### 1.3.1.7 มิลลิแอมมิเตอร์

##### 1.3.1.8 หม้อแปลงไฟฟ้า AC เป็น D.C. 3-12 โวลต์

##### 1.3.1.9 ชุดวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อชุดลวดคอมมิเตอร์

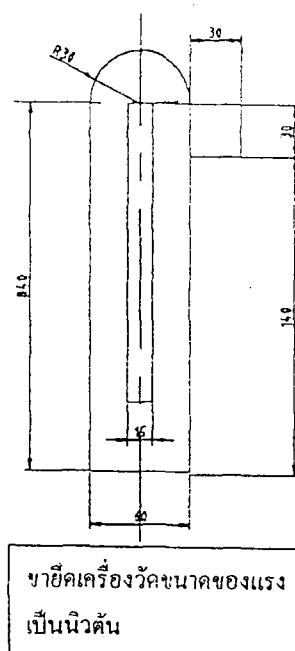
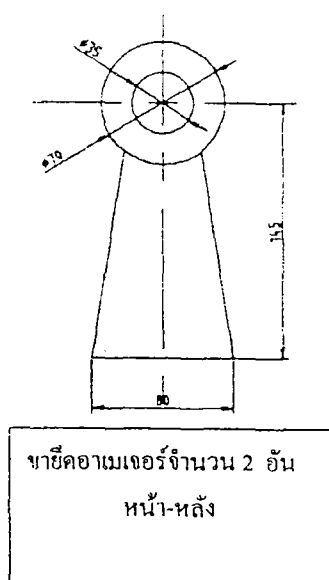
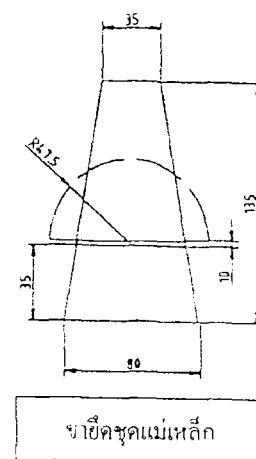
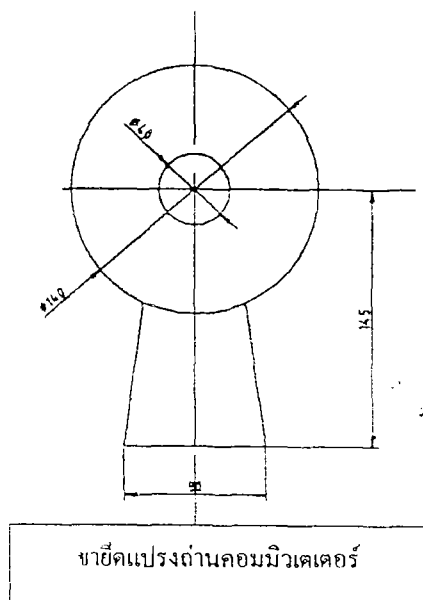
##### 1.3.1.10 ชุดปรับมุมของสนามแม่เหล็ก

#### ส่วนประกอบของชุดคอมมิเตอร์



ภาพประกอบ 32 แสดงหุ่นเมเจอร์ไฟตรง (D.C.)

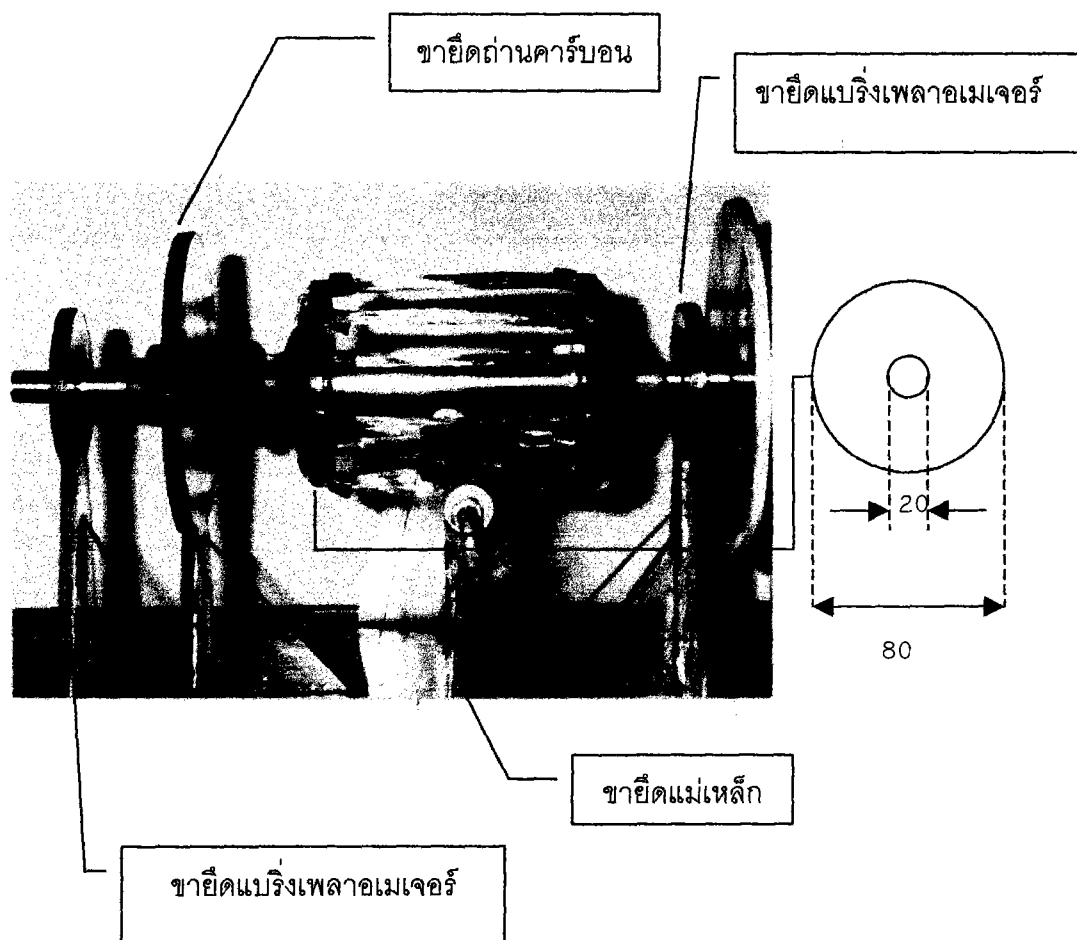
ชีคอมมิวเตเตอร์ใช้โลหะทองแดงรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร  
แล้วนำมาเจาะรูตรงจุดศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร และนำมาตัดเป็นชีคอมมิวเตเตอร์ 6 ชิ้น  
ที่มีขนาดเท่ากันแล้วนำมาประกอบขึ้นเป็นคอมมิวเตเตอร์ โดยแต่ละชีคอมมิวเตเตอร์จะกันด้วย  
ฉนวนไฟฟ้าที่ทนความร้อน ดังภาพประกอบ 33



(หน่วยที่ใช้เป็นมิลลิเมตร)

ภาพประกอบ 33 แสดงส่วนประกอบฐานติดตั้งมอเตอร์และเบรคเตอร์ที่ใช้วัสดุพลาสติกสี  
หนา 6 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ขนาดตามแบบ

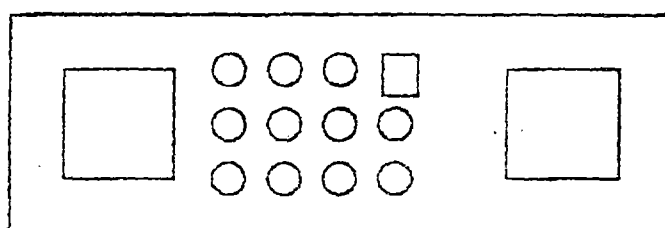
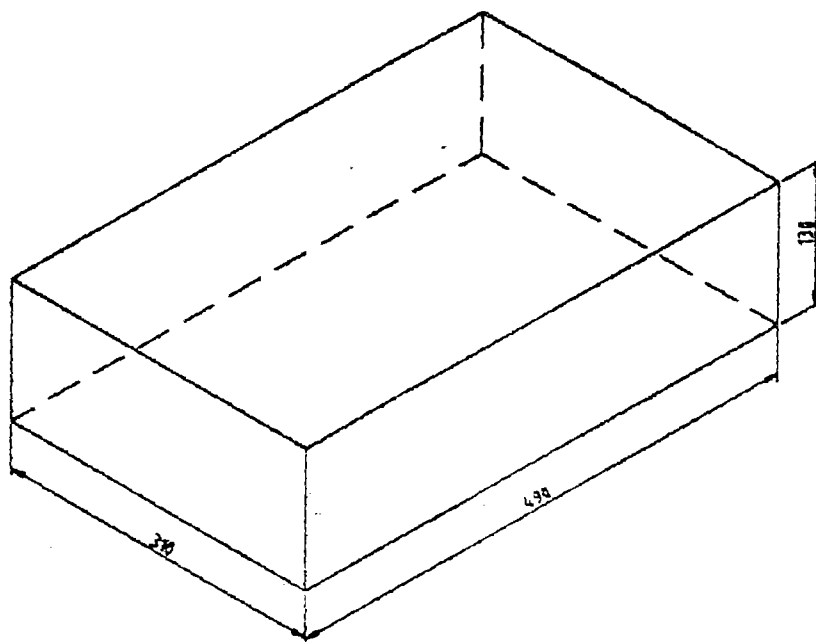
### ชุดอเมเจอร์ที่สมบูรณ์แล้ว



ภาพประกอบ 34 แสดงอเมเจอร์ที่ประกอบขึ้นบนฐานยึด

การสร้างชุดอเมเจอร์โดยการนำแผ่นพลาสติกใสที่หนา 6 มิลลิเมตร มาตัดให้เป็นวงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.6 เซนติเมตร 2 แผ่น แล้วนำมาเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร แล้วนำมาประกอบบนแกนเพลลาของอเมเจอร์ให้มีระยะห่างกัน 13 เซนติเมตร แล้วนำลวดทองแดง 3 WG 21\* มาพันคล่อมแผ่นใสให้ไปในทิศทางเดียวกัน 3 ชุดแต่ละชุดทำมุม 120 องศา โดยให้ปลายของลวดทองแดงแต่ละชุดลงที่ขั้วคอมมิวเตเตอร์ที่เป็นคู่ตรงกันข้าม ดังภาพประกอบ 34

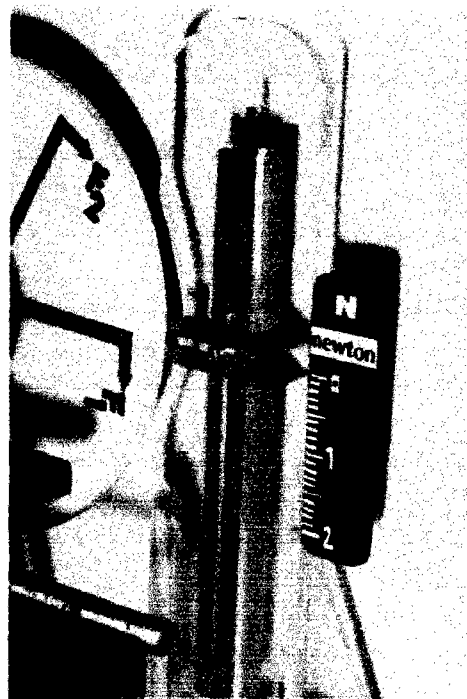
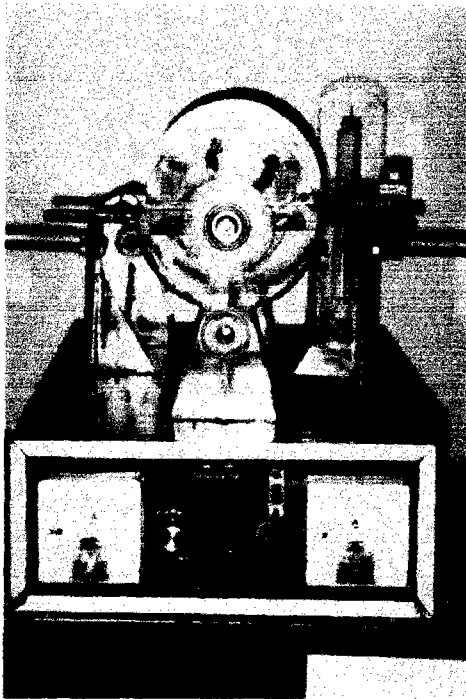
ส่วนประกอบฐานที่ติดตั้งหม้อแปลง AC.200 โวลต์ เป็น DC.6-12 โวลต์



(หน่วยที่ใช้เป็นมิลลิเมตร)

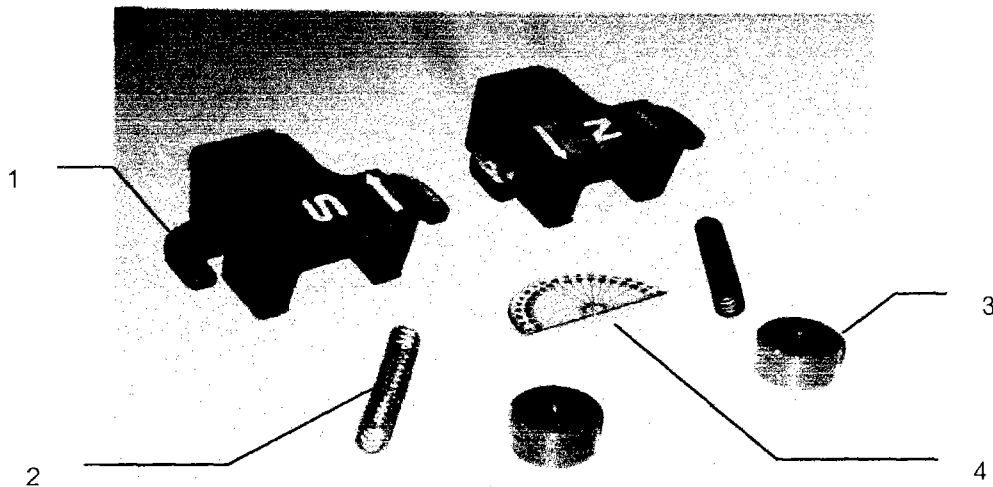
ส่วนหน้าปัดที่ติดตั้งสวิตช์หม้อแปลงแอมมิเตอร์ และปลั๊กเสียบวงจร

ภาพประกอบ 35 แสดงส่วนประกอบฐานติดตั้งมอเตอร์และเซนเซอร์ที่ใช้พลาสติกหนา 6 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ตามแบบในภาพประกอบ ภายในจะติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (Transformer D.C.) ส่วนหน้าปัดติดตั้งแอมมิเตอร์ (Ammeter) มิลลิเมตร (Millimeter) และปลั๊กเสียบสายไฟฟ้า



ภาพประกอบ 36 แสดงส่วนประกอบชุดอเมเจอร์และเครื่องวัดขนาดของแรงเข้ากับโครงสร้างฐานของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์แอมมิเตอร์ ปลั๊ก ไฟฟ้า

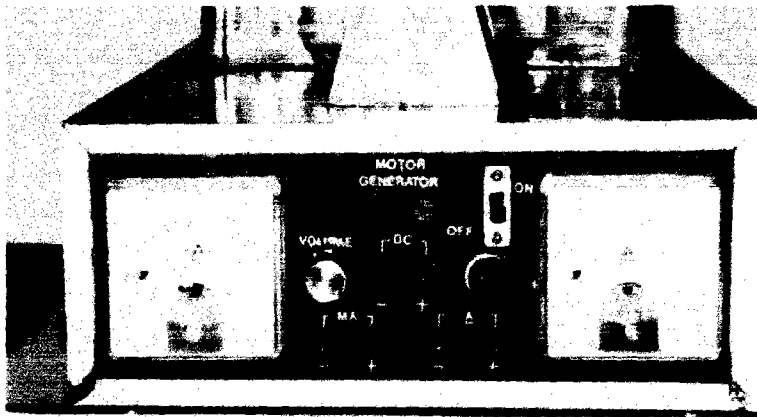
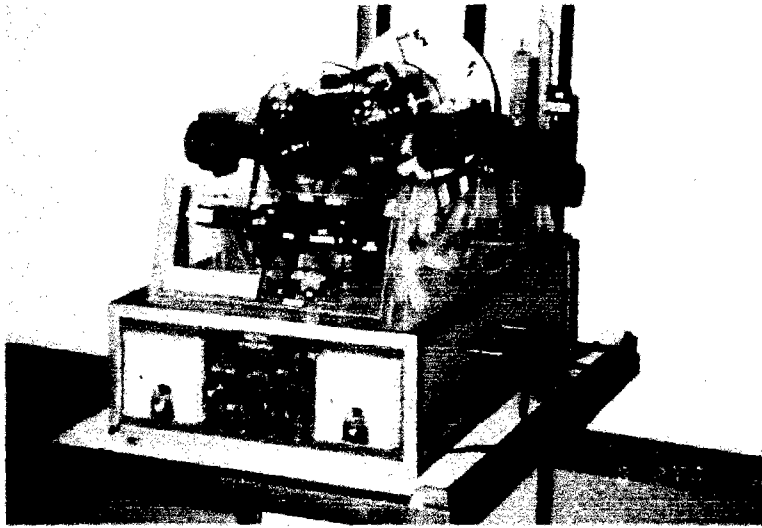
โดยการนำเอาส่วนประกอบที่ได้จัดสร้างตามภาพประกอบ 34, 35, 36 และเครื่องชั่งสปริงที่มีขายทั่วไปมาประกอบโดยใช้แบบขยายมาตราส่วนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและเพิ่มที่บอกขนาดของแรงที่สอดคล้องติดอยู่กับพูลเลย์ของชุดอเมเจอร์ ดังภาพประกอบ



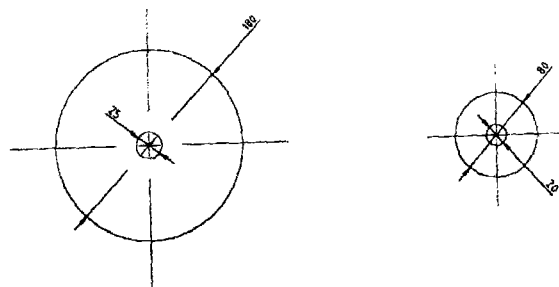
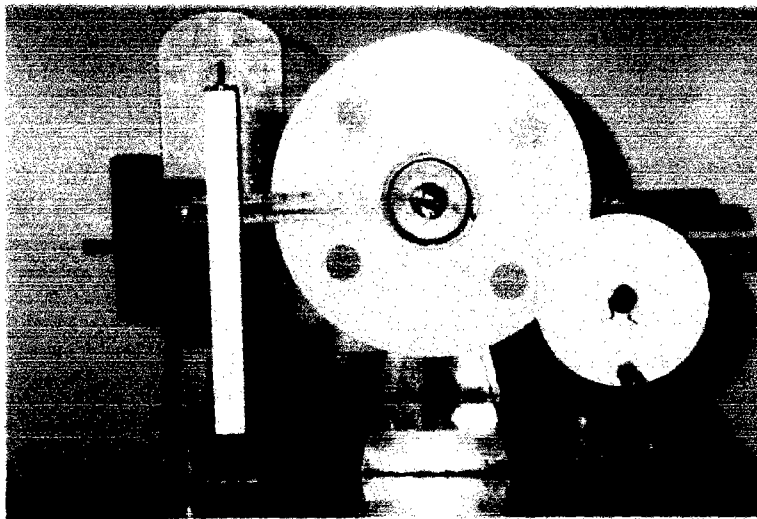
ภาพประกอบ 37 แสดงชุดส่วนประกอบมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์

1. แม่เหล็กขั้วเหนือขั้วใต้ และขั้วใต้ขั้วเหนือ ที่ประกอบเข้าที่ขาคีมแม่เหล็ก
2. สปริงปรับระยะห่างของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมมิเตอร์ ประกอบได้ฐานแม่เหล็ก
3. ตัวหมุนปรับให้แม่เหล็กไม่เคลื่อนที่ ประกอบแกนยึดแม่เหล็ก
4. ตัววัดมุมที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอมมิเตอร์ ประกอบที่ฐานยึดแม่เหล็ก

การสร้างชุดแม่เหล็กได้นำแม่เหล็กแบบสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตรมาประกบขั้วเหนือขั้วใต้จำนวน 7 ชุด แล้วทำให้เป็นชุดเดียวกัน โดยนำมาปิดด้วยสียิปส์ไปโดยใช้แผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร เป็นแบบยึดดังภาพ ส่วนสปริงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตรยาว 8 เซนติเมตร คำนึง 1.5 และตัวหมุนปรับเป็นน็อตขนาด 5 มิลลิเมตร เกลียวธรรมดา ตัววัดมุมทิศของสนามแม่เหล็กเป็นชุดวัดมุมแบบครึ่งวงกลมที่มีขายทั่วไป



ภาพประกอบ 38 นำชุดแม่เหล็กและตัวปรับแม่เหล็กประกอบเป็นมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์  
อยู่บนฐานหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง 6 - 12 โวลท์

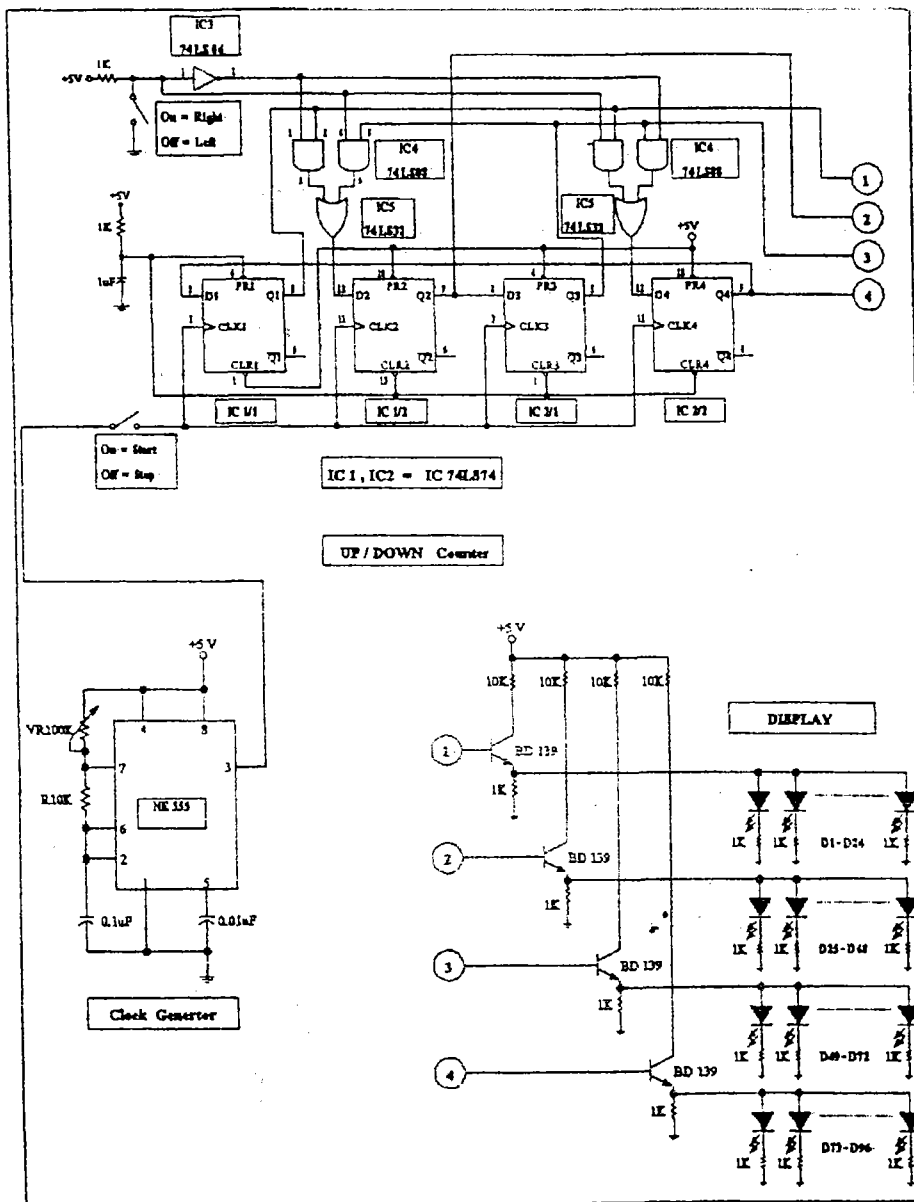


ภาพประกอบ 39 แสดงด้านหลังของมอเตอร์และเซนเซอร์ประกอบด้วยฟุลเลย์ช่วยแรงขับ  
และตาม

การสร้างฟุลเลย์นำพลาสติกสีขาวหนา 4 มิลลิเมตรมาตัดและเจาะรูให้ได้รูปแบบและขนาด  
ตามแบบที่กำหนดในภาพประกอบแล้วนำมาถึงร่องแบบตัวยูลึ้ก 2 มิลลิเมตรแล้วประกอบเข้าไปใน  
เพลลาของชุดอเมเจอร์และเพลลาขับ

#### 1.4 การออกแบบวงจรและสร้างชุดควบคุมแสดงภูมิอ่าวของฟาราเดย์

ในการออกแบบวงจรและสร้างชุดควบคุมนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าโดยใช้ไฟรั้งบนขดลวดแม่เจอรและเป็นรูปเวกเตอร์บอก ทิศทางของสนามแม่เหล็กและทิศทางของแรงที่กระทำบนขดลวดแม่เจอร โดยได้ออกแบบให้ตรงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ข้างอุตสาหกรรมในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ



**Clock Generator** เป็นวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ IC TIMER 555 และสามารถปรับความถี่ได้โดยปรับที่ VR 100 K ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนความเร็ว

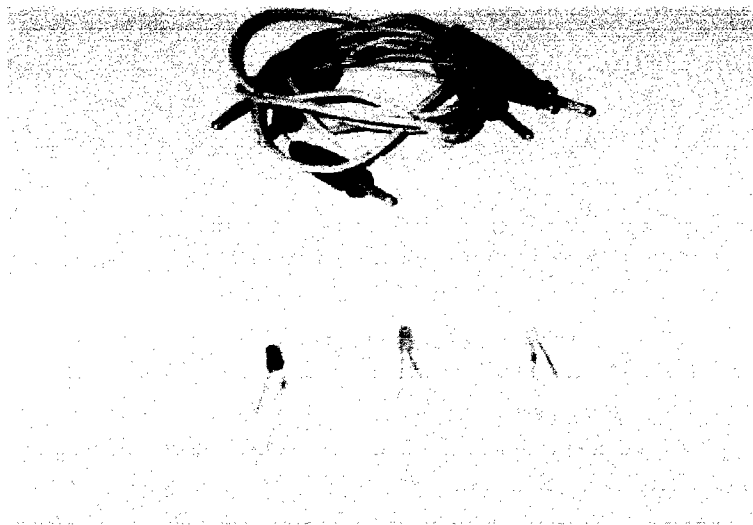
**Counter** ใช้ IC 74 LS 74 (D - FLIP FLOP) คอเป็นวงจรนับ สามารถนับขึ้น / ลง ได้ตั้งแต่ 1-4 โดยเลือกที่ตัวรีเซ็ต เพื่อนับเดินหน้าหรือถอยหลัง

**Driver & Display** ใช้ทรานซิสเตอร์ BD139 ข่ายกระแสเพื่อใช้ขับหลอด LED การแสดงผลให้สว่าง

### ส่วนประกอบชุดควบคุมแสดงภูมิอวของฟาราเดย์

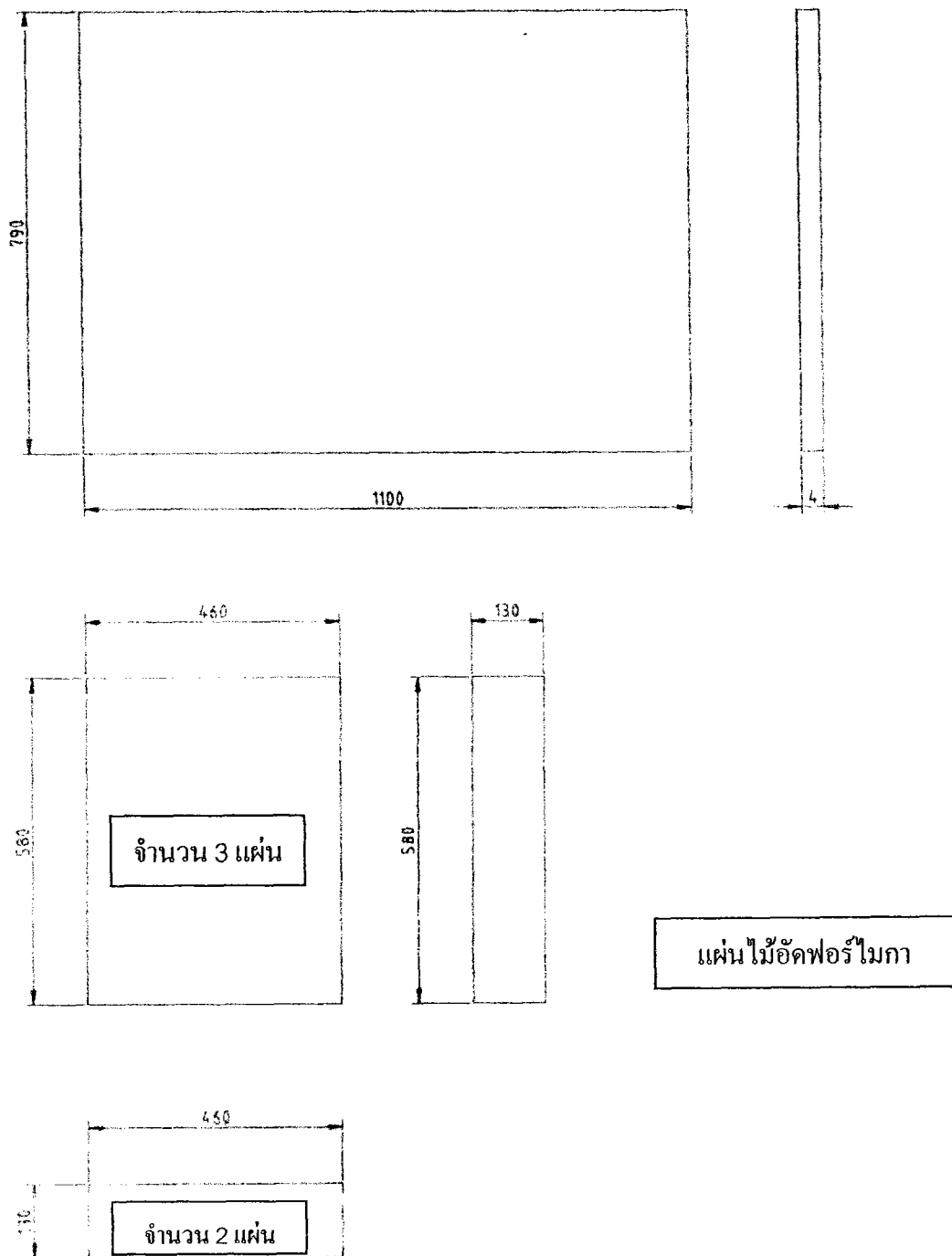
1. ระบบไฟวิ่ง 1 ชุด
2. จอแสดงภาพ
  - ขดลวดอเมเจอร์
  - ทิศเวกเตอร์ของสนามแม่เหล็ก
  - ทิศเวกเตอร์ของแรง
3. ชุดสวิตช์ควบคุม

หลักการทำงาน เมื่อโยกสวิตช์จะทำให้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก และทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์ เป็นไปตามที่ผู้ควบคุมต้องการ



ภาพประกอบ 40 แสดงส่วนประกอบชุดควบคุมแสดงภูมิอวของฟาราเดย์

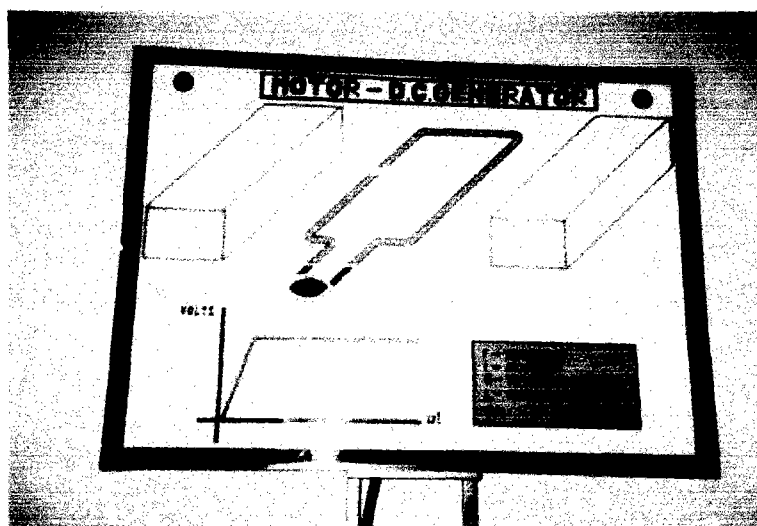
1. สายไฟฟ้าใช้ต่อวงจรไฟฟ้าที่มีความยาว 32 เซนติเมตรมีปลั๊กเสียบที่ปลายทั้งสองข้าง
2. หลอดไฟฟ้า LED ขนาด 3 W. ที่ใช้เป็นไฟวิ่ง และบอกเวกเตอร์ของแรง



(หน่วยที่ใช้เป็นมิลลิเมตร)

ภาพประกอบ 41 แสดงส่วนประกอบจอภาพแสดงทฤษฎีหลักการทำงานของมอเตอร์และ  
เยนเนอเรเตอร์

นำแผ่นไม้อัดฟอไมกาที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ขนาดตามแบบใน  
ภาพประกอบ

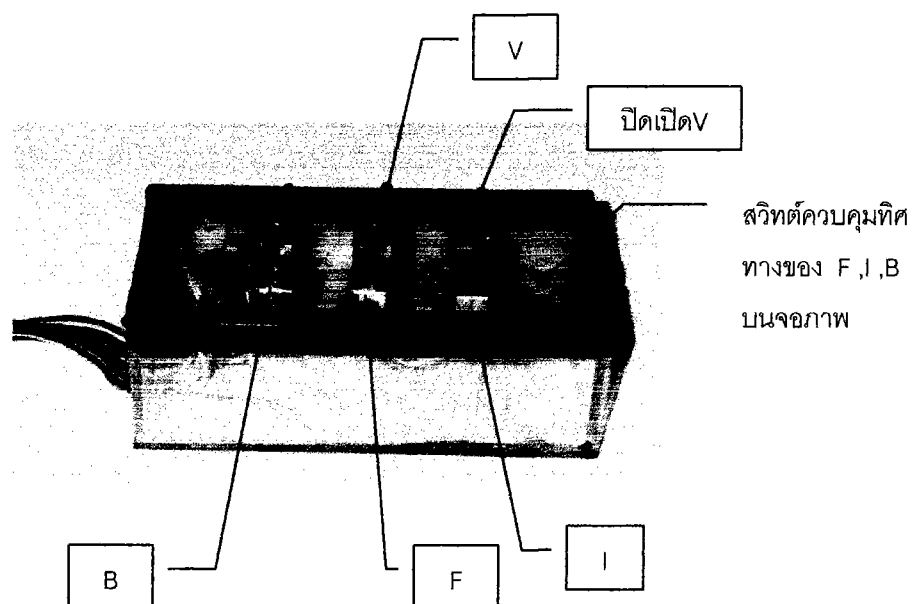
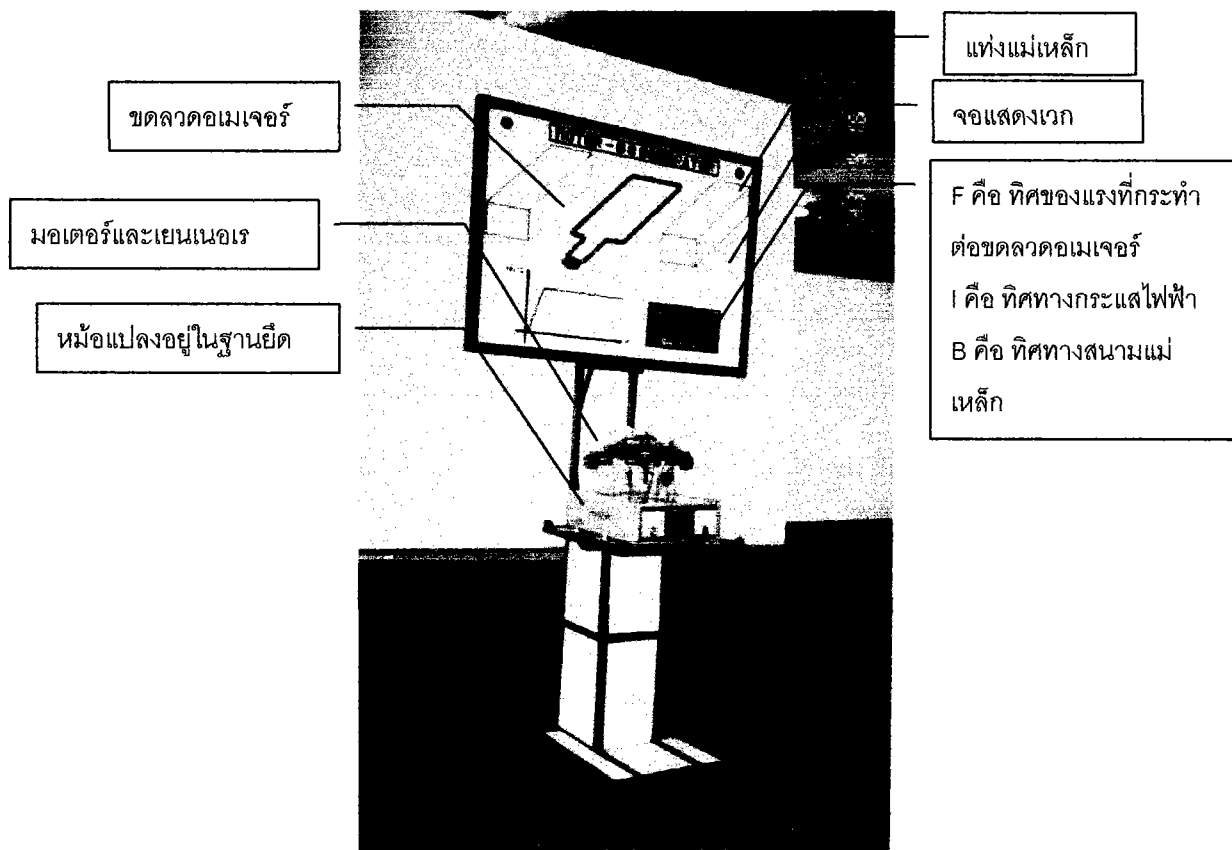


ภาพประกอบ 42 แสดงจอภาพที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว

โดยการนำส่วนประกอบที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาประกอบขึ้นดังภาพแล้วเขียนภาพชุดดลวดเคมเจอร์, แท่งแม่เหล็กและกราฟ พร้อมสมการขนาดของแรงมอเตอร์  $F = ILB \sin \theta$  ลงในแผ่นที่เป็นจอภาพ



### ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ที่ประกอบสมบูรณ์



สวิตช์ I บังคับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดคอมเมเจอร์

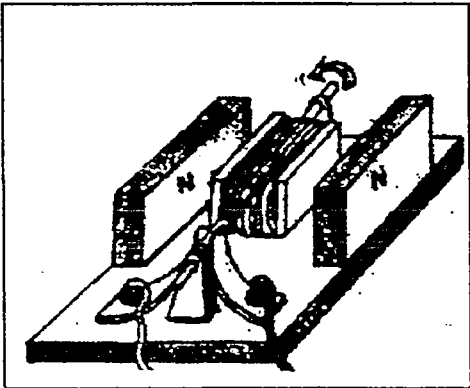
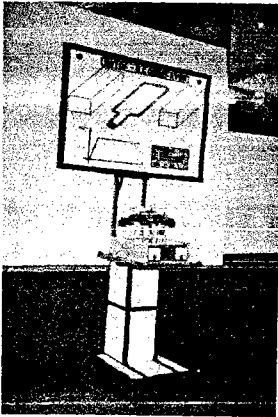
สวิตช์ B บังคับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์

สวิตช์ F บังคับทิศทางของแรงที่ทำให้มอเตอร์หมุน

สวิตช์  บังคับทิศทางการหมุนของมอเตอร์และไฟวิ่งบนกราฟ

### 1.5 การเปรียบเทียบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่มีอยู่เดิมกับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ชุดทดลองเดิม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทดลองได้เพียงหลักการเดียว คือแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ</li> <li>2. มีขดลวดชุดเดียวทำให้แรงกระทำไม่สมดุล ชำรุดได้ง่าย</li> <li>3. เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าได้</li> </ol> |  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทดลองแรงที่มากกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำด้วยขดลวด 3 ชุด เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้าจริง</li> <li>2. ขณะหมุนจะเกิดแรงสมดุลจึงทนทานและใช้ทดลองได้นาน</li> <li>3. เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าได้</li> <li>4. เปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กได้</li> <li>5. ปรับวัดปริมาณกระแสไฟที่ผ่านในขดลวดตัวนำได้</li> <li>6. ปรับปริมาณความเข้มของสนามแม่เหล็กได้</li> <li>7. ปรับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำได้</li> <li>8. ปรับความยาวของขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กได้</li> <li>9. วัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กได้</li> </ol> |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ชุดทดลองเดิม | ชุดทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | <p>10. สามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรในการคำนวณของสูตร <math>F = ILB \sin \theta</math> ได้</p> <p>11. ทดลองหลักการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าเมื่อเอาขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก</p> <p>12. ทดลองทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าได้</p> <p>13. ทดลองความสัมพันธ์จำนวนขดลวดและความเข้มของสนามแม่เหล็กกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าได้</p> <p>14. มีจอภาพแสดง</p> <p>14.1 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดอเมเจอร์</p> <p>14.2 ทิศทางของสนามแม่เหล็ก</p> <p>14.3 ทิศทางของแรงที่กระทำต่อขดลวดตัวนำที่ทำให้มอเตอร์หมุน</p> <p>14.4 แสดงทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยใช้สวิทช์ควบคุมให้เป็นไปตามทฤษฎีจากการทดลองจริงมอเตอร์ในขณะทำงาน</p> <p>15. สรุปหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ถูกต้อง</p> <p>16. สรุปหลักการทำงานของเอนเนอเรเตอร์ได้ถูกต้อง</p> <p>(ดูผลการตรวจสอบบทที่ 4)</p> |

### 1.6 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เมื่อได้สร้างแผงวงจรชุดหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ขึ้นแล้ว

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของแผงชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ดังกล่าว ตามคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ด้วยตนเอง โดยทำการทดสอบการทำงานวงจรไฟฟ้าข้างวงจร 5 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจรผลการทดสอบด้วยตนเองนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง ซึ่งมีอยู่ไม่มากนักให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ดูผลการตรวจสอบบทที่ 4) ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์หรือวิชาฟิสิกส์ ในเนื้อหาไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ต่อไป

### 1.7 การประเมินคุณภาพของชุดวงจรการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์หรือวิชาฟิสิกส์ ในเนื้อหาไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้องทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในครั้งนี้ มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์หรือวิชาฟิสิกส์ ในเนื้อหาไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้องไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 7 ท่าน ประกอบด้วย ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสยาม อาจารย์สุชาติ ศรีโสภณภรณ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อาจารย์ไพรัช เรืองกลิ่น หัวหน้าหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนไทรน้อย ดร.ทวีพล จุฑะพล อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์สุริยัน บุพศิริ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม อาจารย์ธนพรพรหม เหมเชื้อ อาจารย์ฝ่ายโสตทัศนศึกษา โรงเรียนไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี และอาจารย์สมศักดิ์ ไชเหล็ก อาจารย์แผนกช่างไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม

ในการประเมินครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ โดยศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 114) โดยกำหนดให้มีระดับการประมาณค่าดังนี้ ดีมาก, ดี, พอใช้, ต้องปรับปรุงและใช้ไม่ได้มีค่าคะแนนเป็น 4,3,2,1 และ 0 ตามลำดับซึ่งในการประเมินครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ 4 ด้านคือ

- 1) ลักษณะกายภาพทั่วไป จำนวน 5 ข้อ
- 2) ลักษณะการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ
- 3) การบำรุงรักษาและซ่อมแซม จำนวน 4 ข้อ
- 4) ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จำนวน

#### 5 ข้อ

เพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม แบบประเมินดังกล่าวนี้ได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมจากประธานที่ปรึกษาปริญญาโท (รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์) และผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่านคือ ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสยาม และ ดร.ทวีพล จุฑะพล หัวหน้าหมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เพื่อตรวจสอบเนื้อหาของแบบประเมินให้ครอบคลุมคุณภาพด้านต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจสอบ ก่อนนำไปใช้จริง

#### 1.8 การสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์

ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อความสะดวกต่อการนำชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ไปทดลอง ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ขึ้น 2 ชุด โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.8.1 ในการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผู้วิจัยได้ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ช่างอุตสาหกรรมประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอนและวัสดุ - อุปกรณ์ในชุดวงจรไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ (ดูได้จากภาคผนวก ค)

1.8.2 ส่วนประกอบของคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ ในการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น 2 ชุด คือ คู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ สำหรับผู้เรียนและคู่มือการใช้ชุดทดลองการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์สำหรับผู้สอน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดส่วนประกอบของคู่มือแต่ละชุดไว้ดังนี้

1.8.2.1 คู่มือการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์สำหรับผู้เรียนประกอบด้วย

- ใบความรู้
- กิจกรรมการทดลอง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้

- วัสดุอุปกรณ์
- วิธีการทดลอง
- การรายงานผลการทดลองและสรุปการทดลอง
- คำถามท้ายการทดลอง

1.8.2.2 คู่มือการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ  
เยนเนอเรเตอร์สำหรับผู้สอนประกอบด้วย

- กิจกรรมการทดลอง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุอุปกรณ์
- วิธีการทดลอง
- แนวการบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง
- ความรู้เพิ่มเติม

1.8.3 นำคู่มือการใช้ชุดหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์  
ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหาไฟฟ้า-  
อิเล็กทรอนิกส์หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์  
คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสยาม ดร.ทวีพล จูทะพล อาจารย์หมวด  
การงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์ธนพรพรหม เหมเชื้อ อาจารย์ฝ่าย  
โสตทัศนศึกษา โรงเรียนไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์  
การเรียนรู้กับเนื้อหาของการทดลอง ซึ่งผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การ  
เรียนรู้กับเนื้อหาของการทดลอง ในแต่ละข้อนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่าตั้งแต่  
0.60 ขึ้นไป ปรับปรุงแก้ไขคู่มือการใช้ชุดหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ตาม  
คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้จริง

#### 1.9 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของ  
มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์นี้กระทำได้โดยการคำนวณค่าเฉลี่ย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ  
7 ท่าน การคำนวณค่าเฉลี่ยดังกล่าวประเมินจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน  
คือ ลักษณะกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและซ่อมแซมและความเหมาะสม  
ด้านการนำไปประกอบการเรียนการสอน ตัดสินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของ  
มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.5 (จากมาตราส่วน 5 อันดับเมื่อ 0 หมายถึง  
ใช้ไม่ได้ และ 4 หมายถึง ดีมาก)

2. การทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบ การเรียนการสอนในเนื้อหาการเหนี่ยวนำ

ในการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบ การเรียนการสอนของนักเรียนได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

### 2.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

2.1.1 ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม เขตบางกอกใหญ่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาช่างยนต์ จำนวน 9 คน (โดยใช้วิธีจับสลากจาก นักเรียน จำนวน 75 คน ให้เหลือจำนวน 9 คน) สาขาช่างไฟฟ้า จำนวน 9 คน (โดยใช้วิธี จับสลากจากนักเรียน จำนวน 75 คน ให้เหลือจำนวน 9 คน) แต่ละสาขาเป็นนักเรียนระดับผล การเรียนดี เกเรด 3.00 ขึ้นไป จำนวน 3 คน ระดับผลการเรียนเรียนปานกลาง เกเรด 2.50 - 2.99 จำนวน 3 คน และระดับผลการเรียนอ่อนเกเรดต่ำกว่า 2.50 จำนวน 3 คน

2.1.2 ให้นักเรียนออกไปทำการทดลองเป็นรายบุคคล คนละ 1 การทดลอง บันทึกผลการทดลองแล้วตอบคำถามในใบงานหมุนเวียนจนครบ 18 คน แล้วจึงเริ่มต้นการ ทดลองที่ 2 ถึงการทดลองที่ 7 ตามลำดับ

2.1.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2.1.4 ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติต่อชุดทดลองหลักการ ทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

### 2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2542 โดยทดลอง นอกเวลาเรียน สัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 150 นาที เป็นเวลา 3 สัปดาห์

### 2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษากับกลุ่มผู้เรียน คือ

2.3.1 ความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ เยนเนอเรเตอร์

2.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการทำงานของมอเตอร์และ เยนเนอเรเตอร์

2.3.3 เจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ เยนเนอเรเตอร์

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของ มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ของผู้เรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ของผู้เรียนประกอบด้วยผลการทดลองทุกการทดลองของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ คำถามท้ายการทดลองทุกการทดลองของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเอกสารดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบ ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ดร.สนอง ทองปาน มหาวิทยาลัยสยาม ดร.ทวีพล จูทะพล อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ตรวจสอบและนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

1.1 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการเสาะแสวงหาความรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ดร.สนอง ทองปาน อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสยาม ดร.ทวีพล จูทะพล อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์ธนพรหม เหมเชื้อ อาจารย์ฝ่ายโสตทัศนศึกษา โรงเรียนไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ตรวจสอบความเที่ยงตรงทางด้านเนื้อหา เพื่อพิจารณาการใช้คำถามตัวเลือกความถูกต้องของภาษาแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.2 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริงและได้รับการสอนเรื่องหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์แล้ว จำนวน 100 คน

1.3 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของข้อสอบเป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์อย่างง่าย

1.4 คัดเลือกข้อสอบที่ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป เพื่อนำไปใช้เป็นแบบทดสอบที่จะใช้ในการวัดแล้วนำไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบรวมทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson)

2. สร้างแบบประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ตามวิธีของ ลิเคิร์ต (Likert) จำนวน 32 ข้อ ซึ่งเป็นการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกทางสติปัญญาและอารมณ์ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ประธานปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ดร.สนอง ทองปาน มหาวิทยาลัยสยาม

ดร.ทวีพล จูทะพล อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย พิจารณาความเหมาะสมของข้อความเพื่อปรับปรุงแก้ไขตามผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

- นำแบบสอบถามเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไปใช้กับกลุ่มนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 18 คน

- นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ มาให้คะแนน ถ้าให้ข้อมูลไปในทางบวก (เชิงนิมาน) ให้คะแนนดังนี้

|                      |   |       |
|----------------------|---|-------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | 5 | คะแนน |
| เห็นด้วย             | 4 | คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | 3 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | 2 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | 1 | คะแนน |

ถ้าข้อความเป็นไปในทางลบ (เชิงนิเสธ) ให้คะแนนดังนี้

|                      |   |       |
|----------------------|---|-------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | 1 | คะแนน |
| เห็นด้วย             | 2 | คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | 3 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | 4 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | 5 | คะแนน |

ผลคะแนนของแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียน จำนวน 18 คน มาหาค่าอำนาจจำแนกโดยเรียงคะแนนของแต่ละคนจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดมา แล้วแยกกลุ่มคะแนนสูง 25 % กลุ่มคะแนนต่ำ 25 % แล้วคำนวณหาค่า  $t$  เพื่อเลือกค่าตามทีค่า  $t$  สูงกว่า 1.75 ให้ได้ตามแบบสอบถามทั้งหมด 32 ข้อความ

นำแบบสอบถามวัดเจตคติที่ได้มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach) จากการคำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งกลุ่มมีค่า 0.87 (ดูที่ภาคผนวก จ)

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ของกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ ผู้วิจัยได้แยกวิเคราะห์เป็น 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาแรงกระทำบนขดลวดสี่เหลี่ยมที่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก ตอนที่ 3 ประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ การประเมินแต่ละตอน มีการดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 ประเมินความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ จากการตรวจให้คะแนนผลการทดลอง ที่ผู้เรียนรายงานผลการทดลองโดยแต่ละการทดลองใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

|                                         |   |       |
|-----------------------------------------|---|-------|
| ทำการทดลองได้ผลและอธิบายได้ชัดเจนให้    | 2 | คะแนน |
| ทำการทดลองได้ผลแต่อธิบายได้ไม่ชัดเจนให้ | 1 | คะแนน |
| ทำการทดลองไม่ได้ผลให้                   | 0 | คะแนน |

จากนั้นพิจารณาตัดสินผลการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ (สำหรับแต่ละการทดลอง) จากคะแนนเฉลี่ย (ที่คำนวณจากคะแนนของนักเรียนทั้งกลุ่ม) โดยใช้เกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตอนที่ 2 การประเมินและวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ของผู้เรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวได้ผ่านการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบแล้ว โดยผู้เชี่ยวชาญ จากคะแนนการตอบคำถามท้ายการทดลองของนักเรียนแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบไม่ถูกได้ 0 คะแนน ซึ่งแต่ละการทดลองผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตอนที่ 3 ประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ โดยนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย และมาพิจารณาจัดเป็นระดับความคิดเห็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มี 3 ส่วนคือ

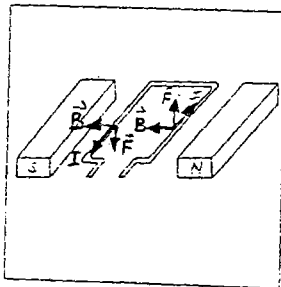
1. การหาคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ โดยนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)
2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ โดยเทียบคะแนนที่นักเรียนทำได้เป็นร้อยละ
3. การวัดเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ โดยนำผลจากความรู้สึกคุณค่าทางวิชาการและคุณค่าทางอารมณ์มาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

**บทที่ 4**  
**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

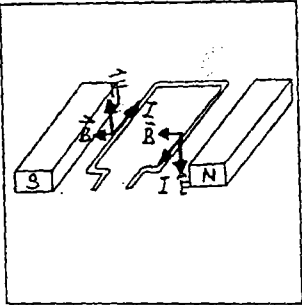
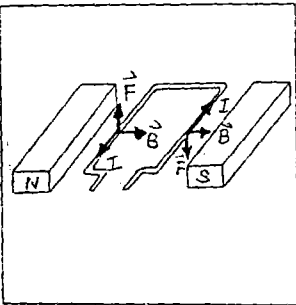
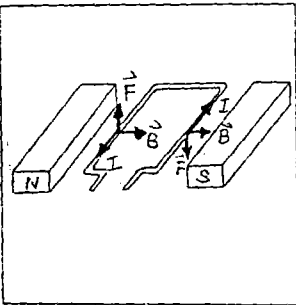
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเป็น 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 สร้างชุดทดลองหลักการทำงานมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ และคู่มือการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ส่วนตอนที่ 2 นำชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไปทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอน แต่ละตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ดังนี้ต่อไป

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ประกอบด้วย 7 การทดลอง จากการตรวจสอบการทำงานของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ด้วยตัวผู้วิจัยเอง ได้ผลดังนี้

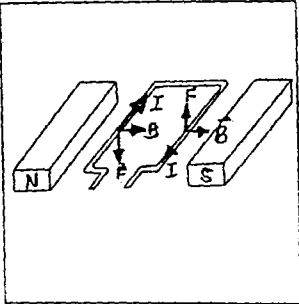
ตาราง 2 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                 | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>การทดลองที่ 1 หลักการทำงานของมอเตอร์</p> <p>ตอนที่ 1</p> <p>1. ต่อวงจรในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์โดยต่อวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้า DC. จากขั้วบวกและขั้วลบไปยังขั้วของมอเตอร์ จนครบวงจร เปิดสวิตช์ปรับ Volume จนมอเตอร์หมุน</p> <p>2. บันทึกสวิตช์วงจรการบอกทิศทางของ I,B, และ F บนจอภาพ</p> <p>3. ให้บันทึกรูปที่เกิดขึ้นบนจอภาพ</p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

## ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                                                                                                   | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                       | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <b>ตอนที่ 2</b><br>1. จากวงจรตอนที่ 1<br>เปลี่ยนทิศทางของ<br>กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน<br>ขดลวดมอเตอร์ โดย<br>สลับสายขั้วบวกและขั้ว<br>ลบของไฟฟ้า DC. ที่ต่อ<br>เข้ามอเตอร์<br>2. บังคับสวิตช์วงจรการ<br>บอกทิศทางของ I, B<br>และ F บนจอภาพ<br>3. ให้นักเรียนที่กรุปที่เกิดขึ้น<br>บนจอภาพ<br><b>ตอนที่ 3</b><br>1. ต่อวงจรหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์เหมือน<br>ตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนทิศ<br>ของสนามแม่เหล็กให้<br>ตรงกันข้ามกับตอนที่ 1<br>โดยการสลับขั้วของแท่ง<br>แม่เหล็กแล้วเปิดสวิตช์<br>ปลดปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้า<br>ในขดลวด<br>2. ควบคุมสวิตช์วงจรบอก<br>ทิศทางของกระแสไฟฟ้า<br>สนามแม่เหล็กและแรงที่<br>กระทำต่อขดลวด<br>มอเตอร์<br>3. ให้นักเรียนที่กรุปที่เกิดขึ้น<br>บนจอภาพ |   | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |
| 1. ต่อวงจรหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์เหมือน<br>ตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนทิศ<br>ของสนามแม่เหล็กให้<br>ตรงกันข้ามกับตอนที่ 1<br>โดยการสลับขั้วของแท่ง<br>แม่เหล็กแล้วเปิดสวิตช์<br>ปลดปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้า<br>ในขดลวด<br>2. ควบคุมสวิตช์วงจรบอก<br>ทิศทางของกระแสไฟฟ้า<br>สนามแม่เหล็กและแรงที่<br>กระทำต่อขดลวด<br>มอเตอร์<br>3. ให้นักเรียนที่กรุปที่เกิดขึ้น<br>บนจอภาพ                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                    | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

## ตาราง 2 (ต่อ)

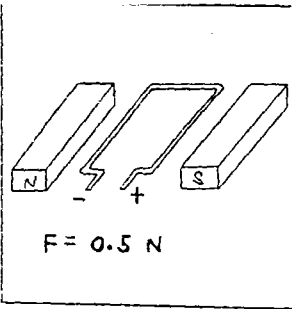
| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <b>ตอนที่ 4</b><br>1. ต่อดวงจรในชุดทดลอง<br>หลักการทำงานของ<br>มอเตอร์ให้มีทิศทางของ<br>กระแสไฟฟ้าสนาม<br>แม่เหล็กให้ตรงกันข้าม<br>กับการทดลองในตอน<br>ที่ 1 เมื่อเรียบร้อยแล้ว<br>ให้เปิดสวิตช์ให้มอเตอร์<br>ทำงาน<br>2. ควบคุมสวิตช์บอก<br>ทิศทางของกระแส<br>ไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก<br>และแรงที่กระทำต่อ<br>ขดลวดอเมเจอร์<br>3. ให้บันทึกรูปที่เกิดขึ้น<br>บนจอภาพ |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

สรุปการทดลองที่ 1 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

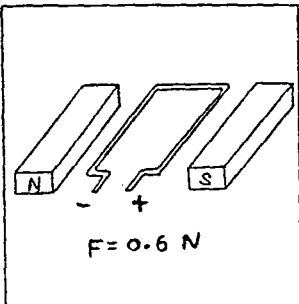
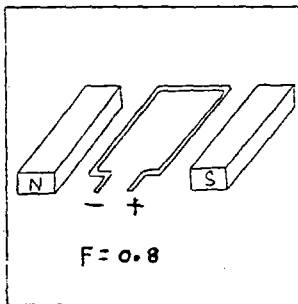
หมายเหตุ / แสดงว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่า ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

## ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>การทดลองที่ 2 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์แปรตามปริมาณกระแสไฟฟ้า</p> <p><b>ตอนที่ 1</b></p> <p>1. ต่วงจรการทำงานของมอเตอร์ โดยใช้แอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับกระแสไฟฟ้า ก่อนเข้ามอเตอร์ทางขั้วบวกจนครบวงจร</p> <p>2. ต่อเครื่องวัดขนาดของแรงเข้ากับล้อยช่วยแรงของมอเตอร์</p> <p>3. เปิดสวิตช์ปรับ Volume ให้ประมาณ 1-1.5 แอมแปร์ อ่านค่าขนาดของแรงมอเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องวัดนิวตัน</p> <p>4. บันทึกผลขนาดของแรง ปริมาณกระแสไฟฟ้า (โดยความชันของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดอเมเจอร์คงที่)</p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

ตาราง 2 (ต่อ)

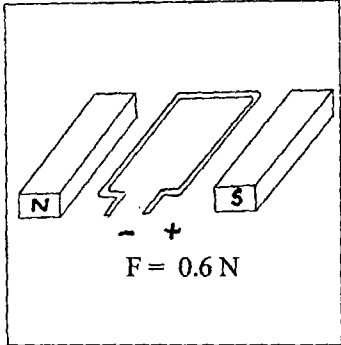
| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                 | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <b>ตอนที่ 2</b><br>1. จากวงจรในการทดลอง<br>ที่ 2 ตอนที่ 1 ให้ปรับ<br>Volume ใช้กระแส<br>ไฟฟ้าประมาณ 2<br>แอมแปร์<br>2. อ่านค่าขนาดของแรง<br>มอเตอร์ที่วัดได้จาก<br>เครื่องวัดนิวตัน<br>3. บันทึกผลขนาดของแรง<br>ปริมาณกระแสไฟฟ้า<br>(ความเข้มของสนาม<br>แม่เหล็กและความยาว<br>ของลวดต่อเมเจอร์คงที่) |    | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |
| <b>ตอนที่ 3</b><br>1. จากวงจรในการทดลอง<br>ที่ 2 ตอนที่ 1 ให้ปรับ<br>Volume ใช้กระแส<br>ไฟฟ้าประมาณ 2.5<br>แอมแปร์<br>2. อ่านค่าขนาดของแรง<br>มอเตอร์ที่วัดได้จาก<br>เครื่องวัดนิวตัน<br>3. บันทึกผลขนาดของ<br>แรง (ความเข้มของ<br>สนามแม่เหล็ก และ<br>ความยาวของขดลวด<br>ต่อเมเจอร์คงที่)           |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

สรุปการทดลองที่ 2 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

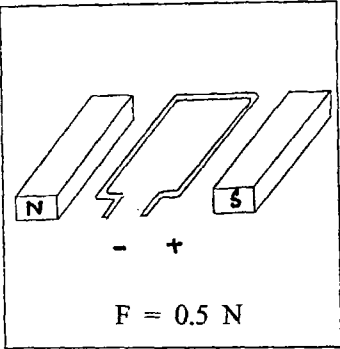
หมายเหตุ / แสดงว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่า ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

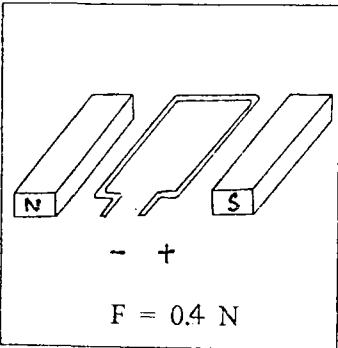
ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                 | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>การทดลองที่ 3 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเนกเจอร์แปรตามขนาดของมุมแม่เหล็กกับขดลวดอเนกเจอร์ ตอนที่ 1</p> <p>1. ต้องจรรยาการทำงานของมอเตอร์โดยใช้แอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับกระแสไฟฟ้าก่อนเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้าทางขั้วบวกจนครบวงจร</p> <p>2. ปรับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดอเนกเจอร์เท่ากับ 90 องศา</p> <p>3. ปรับชุดเครื่องวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเนกเจอร์</p> <p>4. เปิดสวิตช์แล้วบันทึกขนาดของแรงโดยอ่านค่าจากเครื่องวัดขนาดของ , แรงปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ความยาวของลวด , ความเข้มของสนามแม่เหล็กแล้วบันทึกผลการทดลอง</p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>ตอนที่ 2</p> <p>1. ต่อบางจรในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์อนุกรมกับแอมมิเตอร์เหมือนการทดลองตอนที่ 1</p> <p>2. ปรับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์เท่ากับ 75 องศา</p> <p>3. ให้ปริมาณกระแส , ความเข้มของสนามแม่เหล็ก , ความยาวของขดลวดอเมเจอร์เท่ากับการทดลองตอนที่ 1</p> <p>4. ปรับชุดเครื่องวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์</p> <p>5. เปิดสวิตช์แล้วบันทึกขนาดของแรงโดยอ่านค่าจากเครื่องวัดขนาดของแรงปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์, ความยาวของขดลวด , ความเข้มของสนามแม่เหล็กแล้วบันทึกผลการทดลอง</p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

ตาราง 2 (ต่อ)

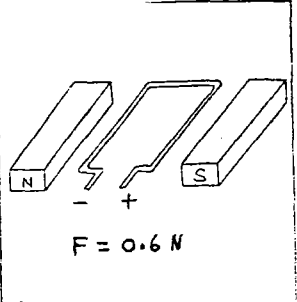
| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                             | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                             |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| ตอนที่ 3                                                                                                                                                                                    |                                                                                    |                                  |   |   |   |   |         |        |
| 1. ต่อดวงจรมอเตอร์ในชุดทดลอง<br>หลักการทำงานของ<br>มอเตอร์อนุกรมกับแอมมิ<br>เตอร์เหมือนการทดลอง<br>ตอนที่ 1                                                                                 |                                                                                    | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |
| 2. ปรับมุมของสนามแม่<br>เหล็กที่กระทำต่อขดลวด<br>อเมเจอร์เท่ากับ 60 องศา                                                                                                                    |                                                                                    |                                  |   |   |   |   |         |        |
| 3. ให้ปริมาณกระแส, ความ<br>เข้มของสนามแม่เหล็ก<br>ความยาวของขดลวดอเมเจอร์<br>เท่ากับการทดลองตอนที่ 1                                                                                        |  |                                  |   |   |   |   |         |        |
| 4. ปรับชุดเครื่องวัดขนาด<br>ของแรงที่กระทำต่อ<br>ขดลวดอเมเจอร์                                                                                                                              |                                                                                    |                                  |   |   |   |   |         |        |
| 5. เปิดสวิตช์แล้วบันทึก<br>ขนาดของแรงโดยอ่านค่า<br>จากเครื่องวัดขนาดของ<br>แรง, ปริมาณกระแสไฟฟ้า<br>จากแอมมิเตอร์, ความยาว<br>ของขดลวด, ความเข้มของ<br>สนามแม่เหล็กแล้วบันทึก<br>ผลการทดลอง |                                                                                    |                                  |   |   |   |   |         |        |

สรุป การทดลองที่ 3 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

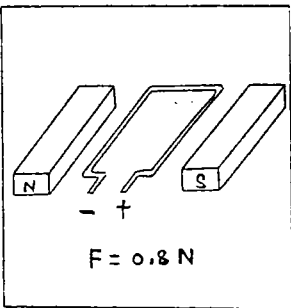
หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

## ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>การทดลองที่ 4 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์แปรตามความยาวของขดลวดอเมเจอร์</p> <p><b>ตอนที่ 1</b></p> <p>1. ถอดจุดต่อชุดที่ 2 ออกจากคอมมิวเตเตอร์ ความยาวของขดลวดอเมเจอร์ เท่ากับ 22.4 เมตร</p> <p>2. ต่อวงจรชุดทดลองหลัก การทำงานของมอเตอร์ โดยต่อวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้า DC. จากขั้วบวกอนุกรมกับแอมมิเตอร์ แล้วต่อกับขั้วของมอเตอร์จากขั้วลบของไฟฟ้า DC. ไปเข้าอีกขั้วของมอเตอร์จนครบวงจร</p> <p>3. ปรับแท่งแม่เหล็กทั้งสองขั้วให้อยู่ห่างจากขดลวดอเมเจอร์ 10 มิลลิเมตร</p> <p>4. ต่อชุดวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์</p> <p>5. เปิดสวิตช์ปรับ Volume ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรประมาณ 1.5 แอมแปร์</p> <p>6. บันทึกขนาดของแรงจากการทดลอง</p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

## ตาราง 2 (ต่อ)

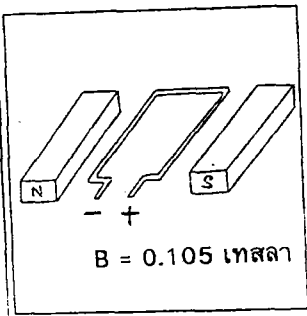
| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                     | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <b>ตอนที่ 2</b><br>1. ปิดสวิตช์แล้วต่อขดลวดเมเจอร์ ชุดที่ 2 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ทำให้ความยาวของขดลวดเมเจอร์ เป็น 2.84 เมตร<br>2. เปิดสวิตช์ บันทึกขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวด ปริมาณกระแสไฟฟ้า, ความเข้มของสนามแม่เหล็ก, มุมที่แม่เหล็กกระทำต่อขดลวด, ความยาวของขดลวด |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

สรุป การทดลองที่ 4 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

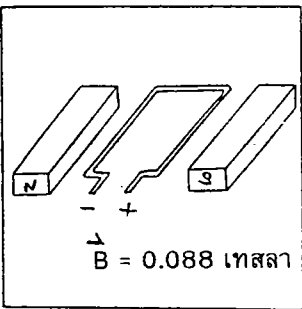
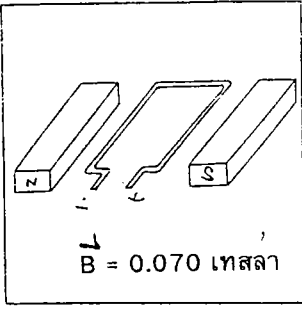
หมายเหตุ / แสดงว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่า ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>การทดลองที่ 5 ขนาดของแรงแปรตามความเข้มของสนามแม่เหล็ก</p> <p><b>ตอนที่ 1</b></p> <p>1. ต่อวงจรชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ โดยต่อวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้า DC. จากขั้วบวกอนุกรมกับแอมมิเตอร์แล้วต่อกับขั้วของมอเตอร์จากขั้วลบของไฟฟ้า DC. ไปเข้าอีกขั้วของมอเตอร์จนครบวงจร</p> <p>2. ต่อชุดวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์</p> <p>3. ปรับแท่งแม่เหล็กทั้งสองขั้วให้อยู่ห่างจากขดลวดคอเมเจอร์ 5 มิลลิเมตร</p> <p>4. เปิดสวิตช์ปรับ Volume ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรประมาณ 1.5 แอมแปร์</p> <p>5. บันทึกขนาดของแรงจากเครื่องมือวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์ปริมาณกระแสไฟฟ้า, ความเข้มของสนามแม่เหล็กจากสูตร <math>F = ILB \sin \theta</math></p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

## ตาราง 2 (ต่อ)

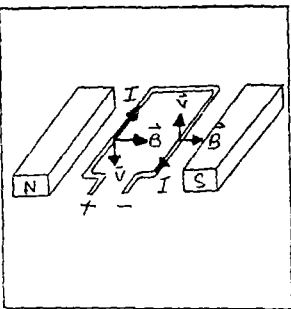
| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                    | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                 | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <b>ตอนที่ 2</b><br>1. ปิดสวิตช์แล้วปรับแท่งแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดเมเจอร์ประมาณ 10 มิลลิเมตร<br>2. เปิดสวิตช์บันทึกขนาดของแรงและคำนวณหาค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก<br>จากสูตร $F = ILB \sin \theta$ |    | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |
| <b>ตอนที่ 3</b><br>1. ปิดสวิตช์แล้วปรับแท่งแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดเมเจอร์ประมาณ 15 มิลลิเมตร<br>2. เปิดสวิตช์ บันทึกขนาดของแรงและคำนวณหาค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก                                 |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

สรุป การทดลองที่ 5 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

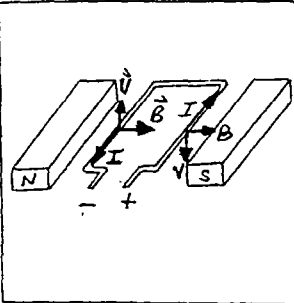
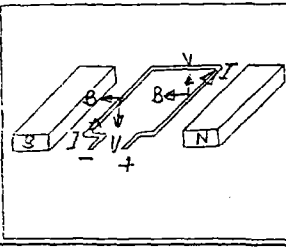
หมายเหตุ / แสดงว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่า ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

## ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                    | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <p>การทดลองที่ 6 หลักการทำงานของเยนเนอเรเตอร์</p> <p>ตอนที่ 1</p> <p>1. ใช้สายพานคล้องสายพานพุลเลย์ของเยนเนอเรเตอร์กับพุลเลย์ขับ</p> <p>2. ต่อสายไฟฟ้าของเยนเนอเรเตอร์อนุกรมเข้ากับมิลลิแอมมิเตอร์ให้ครบวงจร</p> <p>3. หมุนพุลเลย์ขับและสังเกตดูเข็มมิลลิแอมมิเตอร์ว่าเบนไปทางทิศใด</p> <p>4. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางการหมุนของเยนเนอเรเตอร์แทนด้วยเวกเตอร์ F</p> <p>5. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางของกระแสไฟฟ้า</p> <p>6. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางของสนามแม่เหล็ก</p> <p>7. บันทึกภาพของเวกเตอร์ลงในใบบันทึกผล</p> |  | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

ตาราง 2 (ต่อ)

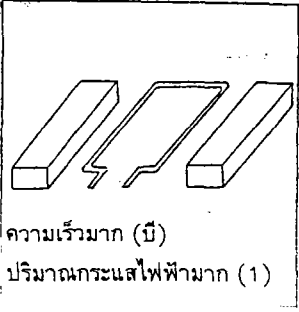
| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                 | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
| <b>ตอนที่ 2</b><br>1. ใช้สายพานคล้องสายพานพุลเลย์ของเยนเนอเรเตอร์กับพุลเลย์ขับ<br>2. ต่อสายไฟฟ้าของเยนเนอเรเตอร์อนุกรมเข้ากับมิลลิแอมมิเตอร์ให้ครบวงจร<br>3. หมุนพุลเลย์ขับให้ทิศทางการหมุนตรงกันข้ามกับการทดลองในตอนต้นที่ 1<br>4. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางการหมุนของเยนเนอเรเตอร์แทนด้วยเวกเตอร์ F<br>5. บังคับสวิตช์ควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้า<br>6. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางของสนามแม่เหล็ก<br>7. บันทึกภาพของเวกเตอร์ลงในใบบันทึกผล<br><b>ตอนที่ 3</b><br>1. ปฏิบัติการเหมือนกับตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กโดยการสลับขั้วแท่งแม่เหล็ก<br>2. บันทึกทิศทางของเวกเตอร์ |    | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |
| 1. ปฏิบัติการเหมือนกับตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กโดยการสลับขั้วแท่งแม่เหล็ก<br>2. บันทึกทิศทางของเวกเตอร์                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |                                  |   |   |   |   |         |        |

สรุป การทดลองที่ 6 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

หมายเหตุ / แสดงว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่า ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

## ตาราง 2 (ต่อ)

| ขั้นตอนการทดลอง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ภาพแสดงผลที่คาดหวัง                                                                                                                    | ผลที่ได้จากการตรวจสอบ<br>(ครั้ง) |   |   |   |   | รวม     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                        | 1                                | 2 | 3 | 4 | 5 | สัดส่วน | ร้อยละ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                        |                                  |   |   |   |   |         |        |
| การทดลองที่ 7 ปริมาณ<br>กระแสไฟฟ้าแปรตาม<br>ความเร็วชุดมอเตอร์<br>1. คล้องสายพานเข้ากับ<br>พูลเลย์ของเยนเนอเรเตอร์<br>กับพูลเลย์ขับ<br>2. ต่อสายไฟฟ้าที่ขั้วของ<br>เยนเนอเรเตอร์อนุกรม<br>เข้ากับมัลติแอมมิเตอร์<br>3. หมุนพูลเลย์ขับช้า ๆ<br>สังเกตการเบนของเข็ม<br>มัลติแอมมิเตอร์แล้วบันทึก<br>ผล<br>4. หมุนพูลเลย์เร็วขึ้น<br>สังเกตการเบนของเข็ม<br>มัลติแอมมิเตอร์บันทึกผล |  <p>ความเร็วมาก (บี)<br/>ปริมาณกระแสไฟฟ้ามาก (1)</p> | /                                | / | / | / | / | 5/5     | 100    |

สรุปการทดลองที่ 7 เป็นไปตามทฤษฎีทั้ง 5 ครั้ง

หมายเหตุ / แสดงว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

X แสดงว่า ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

สรุป ผลการทดลองทั้ง 7 การทดลองเป็นไปตามความคาดหวังทั้ง 7 การทดลอง

เมื่อตรวจสอบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ดังกล่าวแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ตามรายละเอียด ซึ่งแสดงไว้ในตอนที่ 2 (ตาราง 3 - 6)

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์นั้น ผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพ 4 ด้านคือ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซมและความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์ทั้ง 4 ด้านดังนี้

ตาราง 3 แสดงผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ข้อ    | รายละเอียด                            | N* | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ |
|--------|---------------------------------------|----|-----------|------|-------|
| 1      | มีความแข็งแรง ทนทาน                   | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| 2      | การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย | 7  | 3.71      | 0.23 | ดีมาก |
| 3      | การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง         | 7  | 3.42      | 0.28 | ดี    |
| 4      | มีขนาดกระทัดรัดและออกแบบได้เหมาะสม    | 7  | 3.57      | 0.22 | ดีมาก |
| 5      | ประกอบการทดลองได้หลายการทดลอง         | 7  | 3.42      | 0.22 | ดี    |
| ภาพรวม |                                       | 7  | 3.59      | 0.21 | ดีมาก |

N\* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

จากตาราง 3 สรุปผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ได้ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.59)
2. ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (คือ ข้อ 1, 2 และ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.85, 3.71 และ 3.57 ตามลำดับ) และอยู่ในอันดับดี 2 ข้อ (คือ ข้อ 3 และ 5 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.42 และ 3.42 ตามลำดับ)

ตาราง 4 แสดงผลการประเมินลักษณะการใช้งานของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ  
เบนเนอเรเตอร์

| ข้อ    | รายละเอียด                                                                  | N* | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|----|-----------|------|-------|
| 1      | การเตรียมอุปกรณ์การทดลองทำได้สะดวก                                          | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| 2      | มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง<br>ไม่เกะกะ                        | 7  | 3.57      | 0.28 | ดีมาก |
| 3      | การเชื่อมต่อวงจร ทำได้สะดวกรวดเร็ว สามารถ<br>ทำงานได้ทุกวงจร                | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| 4      | มีประสิทธิภาพในการทดลอง ผลการทดลอง<br>เชื่อถือได้ มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| 5      | ประหยัดกระแสไฟฟ้า                                                           | 7  | 3.42      | 0.28 | ดี    |
| 6      | ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง                                              | 7  | 3.42      | 0.28 | ดี    |
| ภาพรวม |                                                                             | 7  | 3.66      | 0.21 | ดีมาก |

\*N จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์  
และเบนเนอเรเตอร์

จากตาราง 4 สรุปผลการประเมินลักษณะการใช้งานของชุดทดลองหลักการทำงานของ  
มอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ได้ดังนี้

1. ลักษณะการใช้งานของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์  
โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.66)
2. ลักษณะการใช้งานของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์  
พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 4 ข้อ (คือ ข้อ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.85,  
3.57, 3.85 และ 3.85 ตามลำดับ) และอยู่ในอันดับดี 2 ข้อ (คือ ข้อ 5 และ 6 มีค่าคะแนน  
เฉลี่ย 3.42 และ 3.42 ตามลำดับ)

ตาราง 5 แสดงผลการประเมินการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ข้อ    | รายละเอียด                                       | N* | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ |
|--------|--------------------------------------------------|----|-----------|------|-------|
| 1      | การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| 2      | การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก              | 7  | 3.71      | 0.23 | ดีมาก |
| 3      | อุปกรณ์ประกอบมีราคาถูก หาสื่อได้ง่าย             | 7  | 3.42      | 0.28 | ดี    |
| 4      | การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นเสียหาย             | 7  | 3.57      | 0.28 | ดีมาก |
| ภาพรวม |                                                  | 7  | 3.63      | 0.23 | ดีมาก |

N \* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

จากตาราง 5 สรุปผลการประเมินการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ได้ดังนี้

1. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.63)
2. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซมชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (คือ ข้อ 1, 2 และ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.85, 3.71 และ 3.57 ตามลำดับ) และอยู่ในอันดับดี 1 ข้อ (คือข้อ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.42)

ตาราง 6 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ข้อ    | รายละเอียด                                             | N* | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ |
|--------|--------------------------------------------------------|----|-----------|------|-------|
| 1      | สามารถผ่อนแรงครูผู้สอนในการเตรียมอุปกรณ์การเรียนการสอน | 7  | 3.71      | 0.23 | ดีมาก |
| 2      | เคลื่อนย้ายสะดวก และสามารถนำไปใช้นอกห้องปฏิบัติการได้  | 7  | 3.42      | 0.28 | ดี    |
| 3      | ใช้เวลาในการทดลองน้อย และได้ความรู้เพิ่มขึ้น           | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| 4      | ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง  | 7  | 4         | 0    | ดีมาก |
| 5      | ผู้เรียนสามารถใช้เรียนรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้         | 7  | 3.85      | 0.14 | ดีมาก |
| ภาพรวม |                                                        | 7  | 3.76      | 0.15 | ดีมาก |

\*N จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

จากตาราง 6 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ได้ดังนี้

1. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.76)
2. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 4 ข้อ (คือ ข้อ 1, 3, 4 และ 5 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.71, 3.85, และ 3.854 ตามลำดับ) และอยู่ในอันดับดี 1 ข้อ (คือ ข้อ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.42)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิด เมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสมรรถนะของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ผู้วิจัยได้นำคำตอบและข้อเสนอแนะมารวบรวมและเรียงลำดับรายชื่อ จากข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะดังนี้

1. หลอดไฟฟ้า LED ควรใช้คุณภาพของหลอดเกรด A ที่ให้แสงสว่างเท่ากันทุกหลอด
  2. การเจาะรูใส่หลอด LED ควรให้เป็นเส้นตรงในชุดบอกทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- สนามแม่เหล็กและแรงที่กระทำต่อขดลวดต่อเมเจอร์
3. ควรลดรูปแบบให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย
  4. สายไฟฟ้าควรใช้สายแพที่มีจำนวนเส้นให้พอดีกับการใช้งาน
  5. ควรใช้หม้อแปลงไฟฟ้า DC. ที่ต่อเข้าวงจรหลักการทำงานของมอเตอร์ให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 - 6 ค่า
  6. เป็นชุดทดลองที่ใช้หลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมสำหรับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาและอาชีวศึกษา
  7. ควรเสริมความรู้หรือตัวอย่างที่นักเรียนจะนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริงหรือในชีวิตประจำวัน
  8. ควรพัฒนาการทดลองให้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าของตัวแปรต่าง ๆ ในระดับอุดมศึกษาได้ เช่น ในวิชาฟิสิกส์
  9. ควรปรับปรุงจอภาพให้แสดงผลของตัวเลขที่แสดงค่าของตัวแปรที่ได้จากการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำเอาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงและพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ต่อไป

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ในขั้นตอนการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์

1. ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียน 2 กลุ่มคือ
  - 1.1 กลุ่มนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ 2 คือ กลุ่มสาขาช่างยนต์  
จำนวน 9 คน
  - 1.2 กลุ่มนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ 2 คือ กลุ่มสาขาช่างไฟฟ้า  
จำนวน 9 คน
2. ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์

3. ผู้วิจัยตรวจการบันทึกผลการทดลองพร้อมสรุปผลการทดลอง
4. ผู้วิจัยตรวจผลการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบสอบถามวัดเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

### 3.1 ผลการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์กับกลุ่มผู้เรียน

ในการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์กับผู้เรียน ผู้วิจัยประเมินความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ และผลการบันทึกผลการทดลองและสรุปผลทำการประเมินเป็นภาพรวมว่า สามารถใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ทำการทดลองแต่ละการทดลองได้ถูกต้องหรือไม่ และการบันทึกผลพร้อมสรุปผลการทดลองถูกต้องหรือไม่ ซึ่งปรากฏผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์กับผู้เรียน

| การทดลอง<br>ที่ | ชื่อการทดลอง                                                                                                                                                                             | กลุ่มที่ 1 * |        | กลุ่มที่ 2** |        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|
|                 |                                                                                                                                                                                          | จำนวน        | ร้อยละ | จำนวน        | ร้อยละ |
| 1               | หลักการทำงานของมอเตอร์                                                                                                                                                                   | 9            | 100    | 9            | 100    |
| 2               | ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์<br>จากตัวแปร ปริมาณกระแสไฟฟ้าเมื่อความ<br>เข้มของสนามแม่เหล็ก และความยาวของ<br>ขดลวดคอปเปอร์คงที่ มุมที่สนามแม่เหล็ก<br>กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ 90 องศา | 9            | 100    | 9            | 100    |
| 3               | ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์<br>จากตัวแปรขนาดของมุมที่สนามแม่เหล็ก<br>กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ เมื่อปริมาณ<br>กระแสไฟฟ้า ความยาวขดลวดคอปเปอร์และ<br>ความเข้มของสนามแม่เหล็กคงที่      | 9            | 100    | 9            | 100    |
| 4               | ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์<br>จากตัวแปรความยาวของขดลวดคอปเปอร์<br>เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มของ<br>สนามแม่เหล็กและขนาดมุมที่สนามแม่เหล็ก<br>กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ 90 องศา     | 9            | 100    | 9            | 100    |

ตาราง 7 (ต่อ)

| การทดลอง<br>ที่ | ชื่อการทดลอง                                                                                                                                                                         | กลุ่มที่ 1 * |        | กลุ่มที่ 2** |        |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|
|                 |                                                                                                                                                                                      | จำนวน        | ร้อยละ | จำนวน        | ร้อยละ |
| 5               | ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์<br>จากตัวแปรความเข้มของสนามแม่เหล็ก<br>เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความยาวขดลวด<br>อเมเจอร์และขนาดของมุมที่สนามแม่เหล็ก<br>กระทำต่อขดลวดอเมเจอร์ 90 องศา | 9            | 100    | 9            | 100    |
| 6               | หลักการทำงานของเอนเนอเรเตอร์ D.C.                                                                                                                                                    | 9            | 100    | 9            | 100    |
| 7               | ปริมาณกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้า<br>สัมพันธ์กับความเร็วในการหมุนของขดลวด<br>อเมเจอร์ตัดสนามแม่เหล็ก                                                                                | 9            | 100    | 9            | 100    |
| ภาพรวม          |                                                                                                                                                                                      | 9            | 100    | 9            | 100    |

\* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างยนต์

\*\* กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างไฟฟ้า

จากตาราง 7 สรุปได้ว่า จำนวนกลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ บันทึกและสรุปผลการทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ได้สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 ทั้ง 7 การทดลอง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

### 3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์กับผู้เรียน

ในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์กับผู้เรียน ผู้วิจัย ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และวิธีแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์พิจารณาจากคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยภาพรวมจากผลการประเมินแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์

| กลุ่มที่ 1* |       |        | กลุ่มที่ 2** |       |        |
|-------------|-------|--------|--------------|-------|--------|
| คนที่       | จำนวน | ร้อยละ | คนที่        | จำนวน | ร้อยละ |
| 1           | 17    | 85     | 1            | 19    | 95     |
| 2           | 18    | 90     | 2            | 18    | 90     |
| 3           | 19    | 95     | 3            | 18    | 90     |
| 4           | 17    | 85     | 4            | 17    | 85     |
| 5           | 18    | 90     | 5            | 19    | 95     |
| 6           | 20    | 100    | 6            | 19    | 95     |
| 7           | 17    | 85     | 7            | 20    | 100    |
| 8           | 17    | 85     | 8            | 18    | 90     |
| 9           | 18    | 90     | 9            | 17    | 85     |
| ภาพรวม      | 17.88 | 89.44  | ภาพรวม       | 18.33 | 91.66  |

\* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างยนต์

\*\* กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างไฟฟ้า

จากตาราง 8 สรุปได้ว่า กลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ได้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

3.3 ผลการประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ เป็นการประเมินโดยไม่แจกแจงเป็นรายการทดลองแต่ละการทดลอง แต่ประเมินแจกแจงเป็นรายการของเจตคติที่มีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ โดยภาพรวมผลการประเมินแสดงได้ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการสอบถามเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และ  
เยนเนอเรเตอร์

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                                                   | กลุ่มที่ 1*    |      |       | กลุ่มที่ 2**   |      |       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|----------------|------|-------|
|        |                                                                                                                                           | $\bar{X}$      | S.D. | ระดับ | $\bar{X}$      | S.D. | ระดับ |
| 1      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ | 4.33           | 0.70 | ดี    | 4.11           | 0.60 | ดี    |
| (2)    | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไม่น่าสนใจ ***                                                                    | 4.33<br>(0.67) | 0.50 | ดี    | 4.22<br>(0.78) | 0.69 | ดี    |
| 3      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและวิชาชีพ                                    | 4.33           | 0.70 | ดี    | 4.44           | 0.72 | ดี    |
| 4      | อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์สามารถจดจำได้ง่าย                                                        | 4.22           | 0.83 | ดี    | 4.11           | 0.78 | ดี    |
| 5      | ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์มีความแข็งแรงทนทาน                                                                          | 4.00           | 0.50 | ดี    | 4.22           | 0.66 | ดี    |
| 6      | รู้สึกสนุกสนาน เพลิดเพลินในขณะที่ทำการทดลองชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์                                                 | 4.00           | 0.50 | ดี    | 4.33           | 0.50 | ดี    |
| (7)    | การทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เกิดความกังวลใจ***                                                                          | 4.10<br>(0.90) | 0.60 | ดี    | 4.10<br>(0.90) | 0.78 | ดี    |

ตาราง 9 (ต่อ)

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                                                        | กลุ่มที่ 1*    |      |       | กลุ่มที่ 2**   |      |       |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|----------------|------|-------|
|        |                                                                                                                                                | $\bar{X}$      | S.D. | ระดับ | $\bar{X}$      | S.D. | ระดับ |
| (8)    | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ข้าซาก นำ<br>เบื่อนนาย ***                                                     | 4.33<br>(0.67) | 0.70 | ดี    | 4.22<br>(0.78) | 0.66 | ดี    |
| (9)    | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ยากเกินไป ***                                                                  | 4.11<br>(0.89) | 0.60 | ดี    | 4.11<br>(0.89) | 0.78 | ดี    |
| 10     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของเยนเนอเรเตอร์<br>แต่ละการทดลองใช้เวลา<br>พอเหมาะ                                                          | 4.00           | 0.50 | ดี    | 4.22           | 0.69 | ดี    |
| (11)   | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ไม่ส่งเสริมให้<br>ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของ<br>ตนเอง ***                     | 4.11<br>(0.89) | 0.60 | ดี    | 4.11<br>(0.89) | 0.60 | ดี    |
| 12     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ เปิดโอกาสให้<br>ผู้เรียนรู้และค้นคว้าหาคำตอบ<br>ด้วยตนเอง                     | 4.11           | 0.60 | ดี    | 4.11           | 0.60 | ดี    |
| 13     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และเยนเนอ<br>เรเตอร์ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ<br>เนื้อหาเกี่ยวกับมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์เพิ่มขึ้น | 4.55           | 0.51 | ดี    | 4.33           | 0.70 | ดี    |

ตาราง 9 (ต่อ)

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                 | กลุ่มที่ 1* |      |       | กลุ่มที่ 2** |      |       |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------|-------|--------------|------|-------|
|        |                                                                                                         | $\bar{X}$   | S.D. | ระดับ | $\bar{X}$    | S.D. | ระดับ |
| 14     | ขณะที่ทำการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์รู้สึกไม่เคร่งเครียด                    | 4.11        | 0.60 | ดี    | 4.33         | 0.70 | ดี    |
| 15     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์มีความยากง่ายพอเหมาะกับความสามารถของผู้เรียน    | 4.11        | 0.60 | ดี    | 4.11         | 0.60 | ดี    |
| 16     | การเรียนรู้การสอนโดยใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ทำให้จดจำเนื้อหาได้ดี              | 3.89        | 0.60 | ดี    | 4.44         | 0.55 | ดี    |
| 17     | ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้   | 4.11        | 0.60 | ดี    | 4.11         | 0.60 | ดี    |
| 18     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ ทำให้ได้รับการฝึก การใช้ความคิดของตนเอง        | 4.00        | 0.70 | ดี    | 4.44         | 0.52 | ดี    |
| 19     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ทำให้รู้สึกตื่นเต้น                             | 4.22        | 0.66 | ดี    | 4.22         | 0.66 | ดี    |
| 20     | ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเบนเนอเรเตอร์ช่วยให้สามารถประดิษฐ์มอเตอร์ได้ | 4.11        | 0.60 | ดี    | 4.33         | 0.50 | ดี    |

ตาราง 9 (ต่อ)

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                          | กลุ่มที่ 1*    |      |       | กลุ่มที่ 2**   |      |       |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-------|----------------|------|-------|
|        |                                                                                                                  | $\bar{X}$      | S.D. | ระดับ | $\bar{X}$      | S.D. | ระดับ |
| 21     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ ช่วยให้รู้จัก<br>ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง      | 4.11           | 0.60 | ดี    | 3.88           | 0.60 | ดี    |
| 22     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ เหมาะสมกับ<br>เนื้อหาของการทดลอง                | 4.00           | 0.70 | ดี    | 4.11           | 0.60 | ดี    |
| 23     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ ช่วยให้เกิดความ<br>รู้สึกกระตือรือร้นในการเรียน | 4.00           | 0.70 | ดี    | 4.44           | 0.52 | ดี    |
| 24     | ชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์<br>ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรักใน<br>การเรียนวิทยาศาสตร์        | 4.11           | 0.60 | ดี    | 4.44           | 0.72 | ดี    |
| 25     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ ช่วยให้กล้าแสดง<br>ความคิดเห็น                  | 4.00           | 0.50 | ดี    | 4.22           | 0.66 | ดี    |
| (26)   | การเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และเยนเนอ-<br>เรเตอร์ เสียเวลาโดยเปล่า<br>ประโยชน์ ***        | 4.00<br>(1.00) | 0.70 | ดี    | 4.33<br>(0.67) | 0.50 | ดี    |
| 27     | ชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ช่วย<br>กระตุ้นให้เกิดความคิดแก้ปัญหา<br>ตลอดเวลา              | 4.00           | 0.70 | ดี    | 4.22           | 0.66 | ดี    |

ตาราง 9 (ต่อ)

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                   | กลุ่มที่ 1* |      |       | กลุ่มที่ 2** |      |       |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------|-------|--------------|------|-------|
|        |                                                                                                           | $\bar{X}$   | S.D. | ระดับ | $\bar{X}$    | S.D. | ระดับ |
| 28     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ ช่วยให้เกิด<br>ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์  | 4.11        | 0.78 | ดี    | 4.33         | 0.86 | ดี    |
| 29     | ชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์<br>เป็นการให้ประสบการณ์ตรง                             | 4.11        | 0.60 | ดี    | 4.22         | 0.66 | ดี    |
| 30     | รู้สึกปลอดภัยขณะปฏิบัติการ<br>ทดลองในชุดทดลองหลักการ<br>ทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์               | 4.22        | 0.66 | ดี    | 4.33         | 0.50 | ดี    |
| 31     | การทดลองในชุดทดลองหลัก<br>การทำงานของมอเตอร์และ<br>เยนเนอเรเตอร์ ช่วยให้มีโอกาส<br>ใช้ความสามารถที่มีอยู่ | 4.22        | 0.66 | ดี    | 4.22         | 0.66 | ดี    |
| 32     | ชุดทดลองหลักการทำงานของ<br>มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์<br>ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผล<br>การทดลองได้ด้วยตนเอง | 3.88        | 0.60 | ดี    | 4.44         | 0.52 | ดี    |
| ภาพรวม |                                                                                                           | 4.11        | 0.65 | ดี    | 4.24         | 0.63 | ดี    |

\* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างยนต์

\*\* กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนสาขาช่างไฟฟ้า

( ) \*\*\* ค่าเฉลี่ยในวงเล็บคือ ค่าที่คำนวณได้จากข้อความที่เป็นนิเสธ (นำค่านี้ไปหักออกจาก 5.00 เพื่อการแปลผล)

จากตาราง 9 สรุปได้ว่า กลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์อยู่ในระดับ “ดี” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดครบทั้ง 32 ข้อ

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปเกี่ยวกับความมุ่งหมายของการวิจัย สมมติฐานการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล ตลอดจนข้อเสนอแนะซึ่งแยกเป็นข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์
3. เพื่อศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

#### สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพทางด้านลักษณะทางกายภาพทั่ว ๆ ไป ลักษณะการใช้งานการบำรุงรักษา การซ่อมแซมและความเหมาะสมขั้นการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนอยู่ในระดับดี
2. การทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบการเรียนการสอน ทางด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการเสาะแสวงหาความรู้ ได้ผลตามเกณฑ์ร้อยละ 80
3. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีการดำเนินการตามขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอนคือ

1. การสร้างชุดทดลองและหาคุณภาพจากชุดทดลอง
2. การทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ประกอบการเรียนการสอน

## ผลการวิจัย

1. ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้ตามทฤษฎีทั้ง 7 การทดลอง
2. ชุดทดลองมีคุณภาพดีมากในด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน
3. ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 (ในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้และการเสาะแสวงหาความรู้) และมีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลอง

## อภิปรายผลการทดลอง

1. อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ซึ่งทำการทดสอบและประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่านนั้น มีข้ออภิปรายดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 4 ด้าน ของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ อยู่ในระดับ “ดีมาก” และจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นและเสนอแนะในด้านการปรับปรุงชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ดังนี้ ควรใช้หลอดไฟฟ้า LED ที่มีคุณภาพดี เจาะรูใส่หลอด LED ให้ได้แนวเส้นตรง และลดขนาดรูปแบบให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสายไฟฟ้าแบบแพ ควรลดจำนวนเส้นของสายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง ควรปรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ 5 – 6 ระดับ เป็นชุดทดลองที่ให้หลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับการสอนในระดับมัธยมศึกษา อาชีวศึกษา และระดับอุดมศึกษา ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับงานจริง และใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับแบบทเซลเดอร์ (Batchelder. 1956 : 33) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ไม่มีอุปกรณ์การสอนชนิดใดที่มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง เฉพาะตัวอุปกรณ์การสอนเพียงอย่างเดียวก็ไม่สามารถก่อให้เกิดภาวะทางการศึกษาที่สำเร็จลุล่วงได้อย่างเต็มที่ แต่ถ้าอุปกรณ์การสอนเหล่านี้ได้รับการเลือกสรรอย่างดีและมีหลักเกณฑ์ได้รับการประเมินอย่างเหมาะสม ตลอดจนได้รับการใช้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วก็จะสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์

จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาสร้างขึ้นนี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ของผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม ปรากฏว่าผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้และการเสาะแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ในหลักการทำงานของมอเตอร์และ

เยนเนอเรเตอร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 ซึ่งการศึกษาของผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน เกิดจากชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่พัฒนาสร้างขึ้นเป็นสื่อการเรียนการสอนแบบใหม่ที่แสดงผลการทดลองได้ชัดเจนตามทฤษฎีและรูปแบบเหมือนกับมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ที่ใช้งานจริง สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองมีความรู้สึกตื่นตัวเร้าความสนใจเป็นรูปธรรม ที่เห็นและสัมผัสได้ทุกชิ้นส่วนประกอบจึงทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในวิชาสายอาชีพและชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ ธนิต บุญใส (2533 : บทคัดย่อ) ที่กล่าวว่าการเรียนในภาคปฏิบัติจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประกอบการเรียนภาคปฏิบัติ เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้อง เห็นจริงตามทฤษฎีที่เรียนไป และทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์นไดค์เกี่ยวกับกฎแห่งการฝึก (Law of Exercise) ซึ่งกล่าวว่าสิ่งใดก็ตามที่ใช้เวลาในการฝึกฝนอย่างพอเหมาะย่อมทำให้ผู้ฝึกมีความสามารถทางด้านความรู้และทักษะดีเท่าเทียมกัน

สรุปได้ว่าชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

3. ผลการศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ของผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม ปรากฏว่าผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ อยู่ในระดับ “ดี” ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจเนื่องมาจากชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีความแปลกใหม่ เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมีความกระตือรือร้น ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง สามารถสังเกตและเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลองด้วยตนเอง อีกทั้งชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์มีรูปแบบที่เหมือนของจริงเห็นส่วนประกอบมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ทุกชิ้นส่วนขณะทำงานทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับวิชาอาชีพและชีวิตประจำวันได้ ด้วยเหตุผลนี้จึงส่งผลให้ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีเจตคติที่ดีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับ อำนวย รุ่งรัมย์ (2525 : 12) ที่กล่าวว่าเจตคติเป็นปัจจัยที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้กระบวนการหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และกิลฟอร์ด (Guilford. 1956 : 675) กล่าวว่า เจตคติเป็นอารมณ์หรือความรู้สึกที่ทุกคนมีในระดับที่แตกต่างกัน เจตคติจะผลักดันให้บุคคลตอบสนองต่อวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในทางที่พอใจหรือไม่พอใจ

สรุปได้ว่าชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

## ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะบางประการ เพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอนาคต ดังนี้

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ไปใช้ควรพิจารณาให้สอดคล้องกับเนื้อหาในระดับชั้นของผู้เรียนและให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

1.2 การนำไปใช้ทดลองจริงควรตรวจสอบระบบการทำงานของ ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ตามคู่มือหรือจุดประสงค์ของผู้นำไปใช้ทดลอง

1.3 การสร้างชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ควรทำการปรับปรุงส่วนที่ยังบกพร่องตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ - ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความคิดเห็นเสนอแนะดังนี้

1.3.1 ควรใช้หลอดไฟฟ้า LED ที่มีคุณภาพเกรด A จะให้แสงสว่างเท่ากันทุกหลอด

1.3.2 ควรลดรูปแบบให้เล็กลงสะดวกในการเคลื่อนย้าย

1.3.3 ควรใช้หม้อแปลงไฟฟ้า D.C ที่ต่อเข้าวงจรหลักการทำงานของมอเตอร์ที่ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ได้ 5 – 6 ค่า

1.3.4 ควรใช้ค่าความต้านทานที่หลอด LED ให้น้อยลง

1.4 ขั้นตอนการสร้างโครงเหล็กควรออกแบบและขนาดให้เหมาะสมกับขนาดของชุดทดลองของมอเตอร์และจอภาพแสดงผล

### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 ควรพัฒนาชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นทางด้านแสดงผลในเชิงปริมาณขึ้นบนจอภาพที่เป็นตัวเลขดิจิทัล

2.2 ควรพัฒนาให้เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้มของสนามแม่เหล็กทั่วไปได้

2.3 ควรพัฒนารูปแบบของแม่เหล็กถาวรเป็นแม่เหล็กชั่วคราวที่สร้างขึ้นจากขดลวดฟิวคอยล์ เพราะสามารถควบคุมตัวแปรความเข้มของสนามแม่เหล็กได้ง่าย

2.4 ควรพัฒนาให้ทดลองได้ทั้งมอเตอร์และเอนเนอเรเตอร์ ใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

2.5 ควรพัฒนาไปงานในการบันทึกผลการทดลองให้ผู้เรียนใช้ได้สะดวกมากขึ้น

บรรณานุกรม

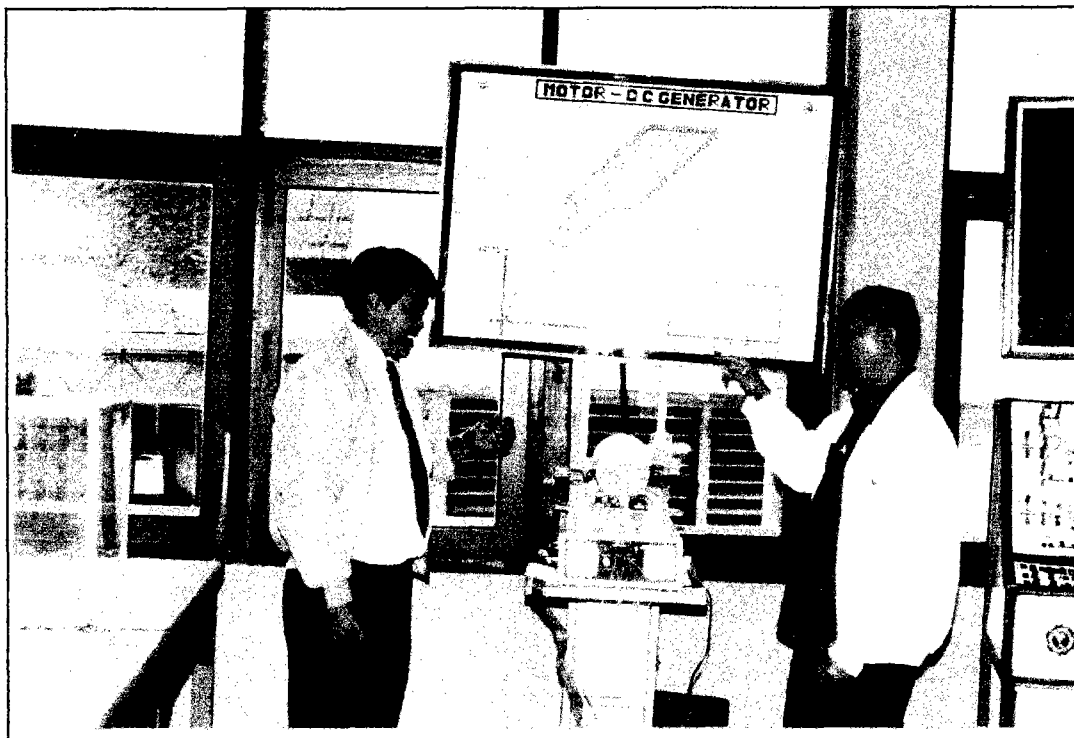
## บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. (2535). เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่นๆ. (2526). ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โซ สาสีฉน์. (2523). เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- ธงชัย ชิวปรีชา และคนอื่นๆ. (2526). ความรู้เกี่ยวกับการใช้วัสดุอุปกรณ์และการสร้างอุปกรณ์ทดแทน. ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-15 หน้า 17-272. สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช.
- ธนพรหม เหมเชื้อ. (2542). การพัฒนาออสซิลโลสโคปจากโทรทัศน์ขาวดำ เพื่อใช้แสดงสัญญาณคลื่นทางไฟฟ้าประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.
- ธนิต บุญใส. (2533). การสร้างและทดลองเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดทดลองวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, อัดสำเนา.
- นิคม ทาแดง. (2526). เทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษาที่มีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ : พิชณศ.
- นิพนธ์ สุขปรีดี. (2521). นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : พิชณศ.
- บุญยฤทธิ์ คงคาเพชร. (2526). การผลิตสื่อการสอน. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน.
- ประภาภรณ์ มูลแดง. (ม.ป.ป.) เอกสารประกอบการสอน พฤติกรรมวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษา 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- เปรี๊ญ กุมุท. (2519). การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร.
- พรเทพ เมืองแมน. ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. บัตตานี : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตบัตตานี, อัดสำเนา.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2535) "วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์" พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ฟิงเกอร์ปรีนแอนด์มีเดีย.

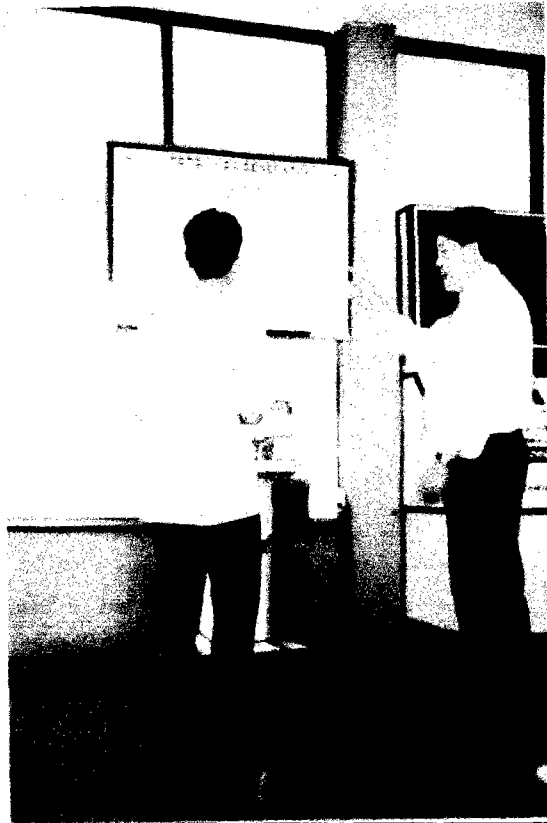
- ไพบูลย์ เจริญกุล. (2532). "งานประดิษฐ์และงานช่างกับการพัฒนาอาชีพ," ในเอกสารการสอนชุดวิชา การสอนกลุ่มการทำงานและพื้นฐานอาชีพ หน่วยที่ 13. พิมพ์ครั้งที่ 6. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- มนตรี คุ่มเกตุ. (2537). การประเมินความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับโทรทัศน์เพื่อการเรียนการสอนของกระทรวงศึกษาธิการ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.
- วาสนา ชาวหา. (2524). เอกสารประกอบการสอนเทคโนโลยี 330 การทำอุปกรณ์การสอนอย่างง่าย. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, อัดสำเนา.
- วิชัย ดิสสระ. การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ : เอกซ์เพรสมีเดีย, 2533.
- วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเพ็ญ จิงตระกูล. การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.
- สกุรัตน์ พ่วงเดช. (2529). ผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพโดยใช้การสอนทดแทนกับอุปกรณ์ต้นแบบของ สสวท. เรื่องโลกและดวงดาวกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2519). เอกสารประกอบการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ : สสวท., อัดสำเนา.
- สนอง ทองปาน. (2537). การศึกษาผลการใช้เครื่องอัดขยายภาพขาวดำที่พัฒนาขึ้นในการสอนอัดขยายภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.
- สมจิต สวชนไพบูลย์. (2526). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สสวท.
- สมนึก บุญพาไสว. (2534). "การแก้ปัญหา กับมโนคติในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์" วารสาร สสวท. (73) : 19 ; มกราคม-มีนาคม.
- สมปัญญา ศรีภคานนท์. (2535). การศึกษาความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์กับชุดกิจกรรมซ่อมแซมแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, อัดสำเนา.

- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด*. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- อำนวย รุ่งรัมย์. (2530) *การสอนวิทยาศาสตร์แบบก้าวหน้า*. มหาสารคาม :  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- Batchelder, Howard T. (1956). *Audiovisual Materials in Teaching Education*. New York : McGraw-Hill, Book Co.
- Brown, James W. and Others. (1973). *A-V Instruction Technology Media and Methods*. New York : McGraw-Hill Book Co., 1973.
- Dale Edgar. (1969). *Audio-Visual Methods in Teaching*. New York : Dryden Press.
- Erickson, W.H. (1984). *Administering Programmed Instructional Media*. New York : Macmillan Company.
- Garzon, Dionisio Padul. (1964). "An Analysis of the Problems of Teaching Elementary Science in the Philippine Public Schools," *Dissertation Abstracts International*. 25(2) : 1025 ; August.
- Gerlach, Vernon S, and Ely,Doual P. (1980). *Teaching and Media : A Systematic Approach*. 2nd ed. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.
- Sharma, R.C. (1982). *Modern Science Teaching 3<sup>rd</sup> ed.*, Delhi : Neveen Shahdara, D.R. Printing Service.
- Spain Catherine. (1971) *A Survey of Science Education in Secondary Schools of Northern Nigeria : Science Education*. 55(3) : 285 – 290.

ภาคผนวก



รศ.ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท  
ทำการตรวจสอบชุดทดลองและให้คำแนะนำเพิ่มเติม



ผู้วิจัยแนะนำการใช้ชุดทดลองต่อกลุ่มทดลอง



กลุ่มที่ 1 สาขาช่างยนต์ทำการทดลองกับชุดทดลอง



กลุ่มที่ 2 สาขาช่างไฟฟ้าทำการทดลองกับชุดทดลอง



กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม ทำข้อทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## **ภาคผนวก ก**

### **ชื่อกิจกรรม**

**การทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์**

ชื่อกิจกรรมการทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์

| การทดลองที่ | ชื่อกิจกรรมการทดลอง                                                      |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1           | หลักการทำงานของมอเตอร์                                                   |
| 2           | ขนาดของแรงที่ทำได้ของมอเตอร์แปรตามปริมาณกระแสไฟฟ้า                       |
| 3           | ขนาดของแรงที่ทำได้ของมอเตอร์แปรตามมุมของสนามแม่เหล็กที่ทำกับขดลวดมอเตอร์ |
| 4           | ขนาดของแรงที่ทำได้ของมอเตอร์แปรตามความยาวขดลวดมอเตอร์                    |
| 5           | ขนาดของแรงที่ทำได้ของมอเตอร์แปรตามความเข้มสนามแม่เหล็ก                   |
| 6           | หลักการทำงานของเซนเซอร์                                                  |
| 7           | ปริมาณกระแสไฟฟ้าแปรตามความเร็วขดลวดมอเตอร์หมุนตัดสนามแม่เหล็ก            |

## **ภาคผนวก ข**

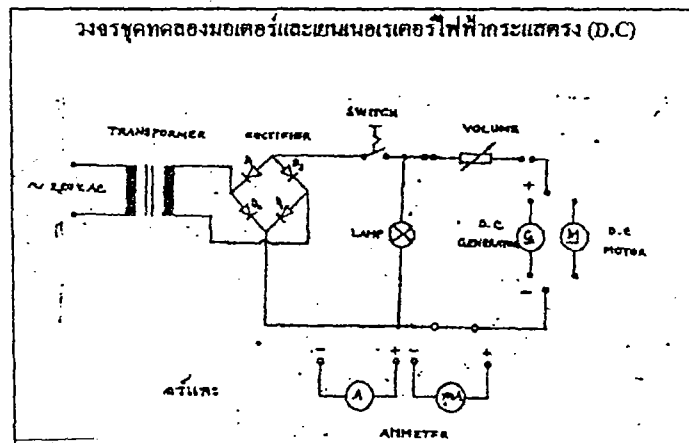
### **ภาพประกอบ**

**วงจรหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ 7 การทดลอง**

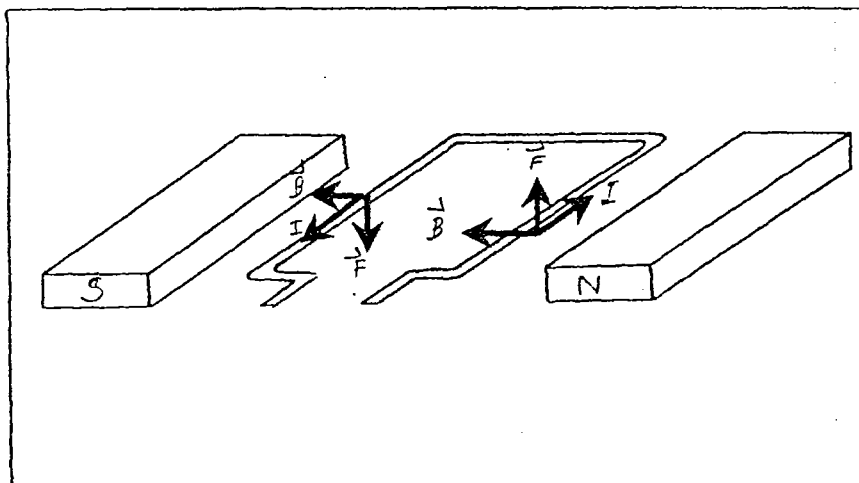
## วงจรทดลองที่ 1 หลักการทำงานของมอเตอร์

### ตอนที่ 1

- วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 1
- แสดงทิศของกระแสไฟฟ้า - สนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดึงภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 1



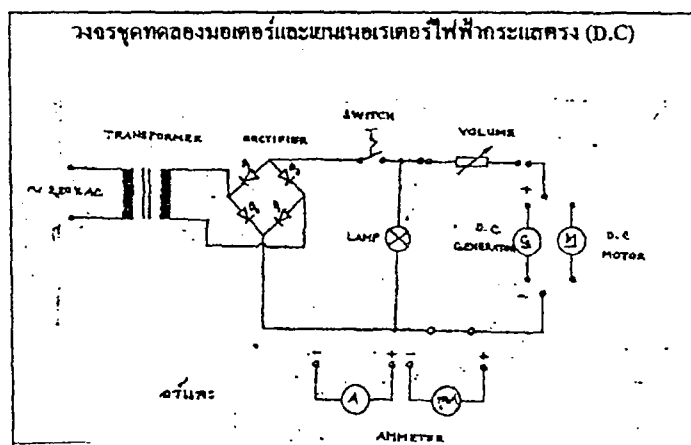
ภาพประกอบ 2

### หลักการทำงาน

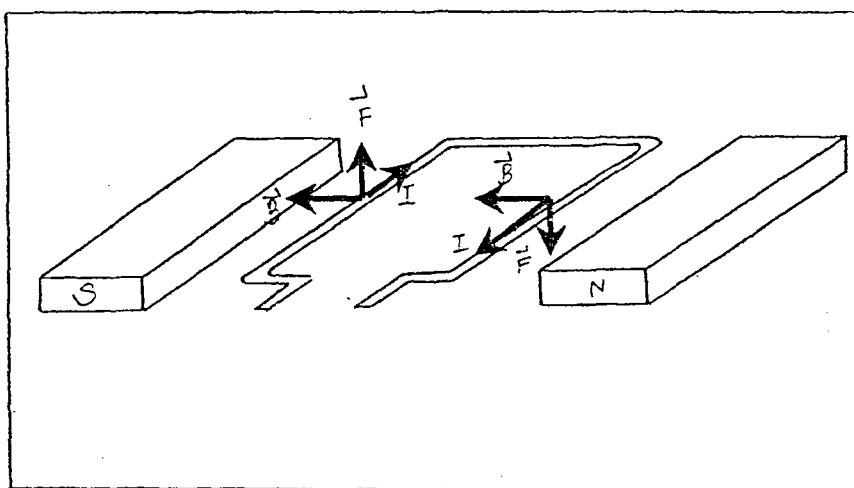
ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านเข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมอร์ครบวงจร ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านในวงจรดังภาพประกอบที่ 1 จะทำให้เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดึงภาพประกอบที่ 2 จึงทำให้เกิดแรงคู่ควบที่ทำให้ขดลวดคอมเมอร์ของมอเตอร์หมุน

วงจรการทดลองที่ 1 หลักการทำงานของมอเตอร์

- ตอนที่ 2
- วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 3
  - แสดงทิศของกระแสไฟฟ้า – สนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 4

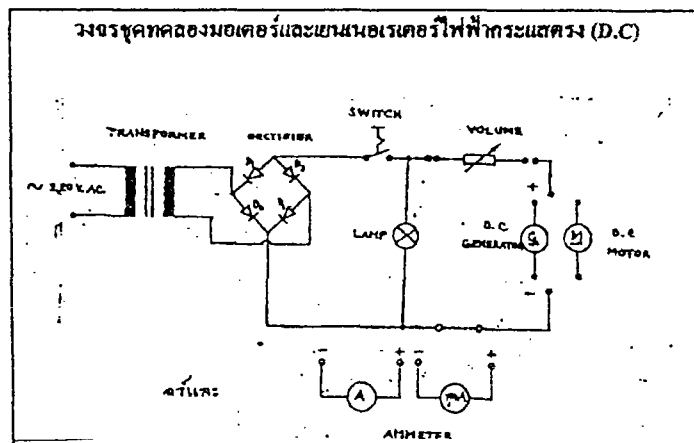
### หลักการทำงาน

ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านเข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมอร์ครบวงจร ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านในวงจรดังภาพประกอบที่ 3 จะทำให้เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดังภาพประกอบที่ 4 จึงทำให้เกิดแรงคู่ควบที่ทำให้ขดลวดคอมเมอร์ของมอเตอร์หมุน

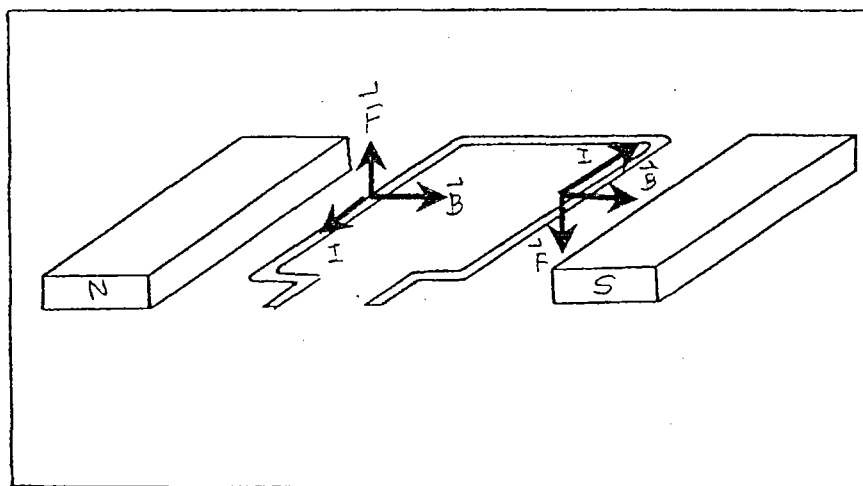
### วงจรการทดลองที่ 1 หลักการทำงานของมอเตอร์

ตอนที่ 3

- วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 5
- แสดงทิศของกระแสไฟฟ้า – สนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 5



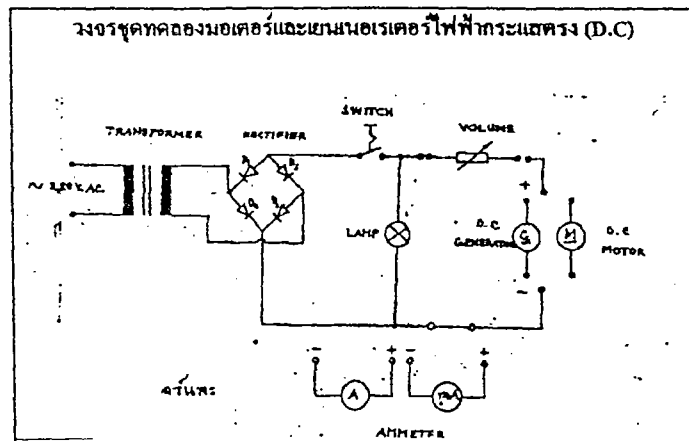
ภาพประกอบ 6

### หลักการทำงาน

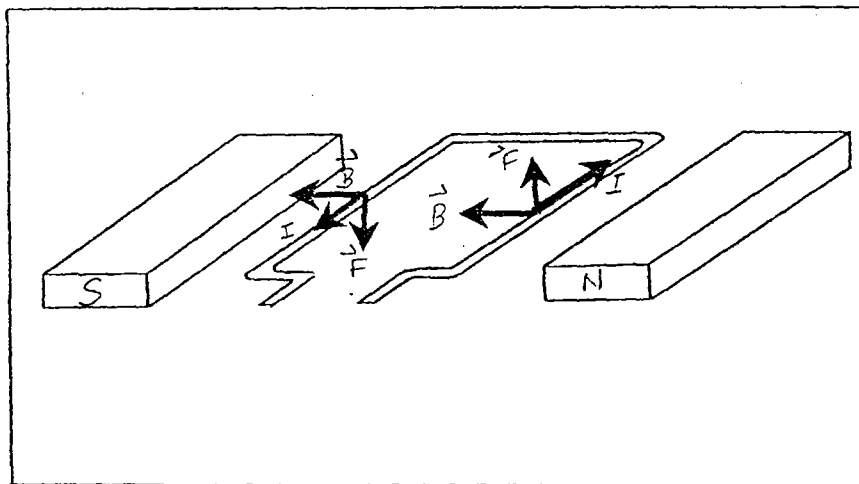
ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านเข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมอร์ครบวงจร ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านในวงจรดังภาพประกอบที่ 5 จะทำให้เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดังภาพประกอบที่ 6 จึงทำให้เกิดแรงคู่ควบที่ทำให้ขดลวดคอมเมอร์ของมอเตอร์หมุน

## วงจรการทดลองที่ 1 หลักการทำงานของมอเตอร์

- ตอนที่ 4
- วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 7
  - แสดงทิศของกระแสไฟฟ้า – สนามแม่เหล็ก และแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเมเจอร์ ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 7



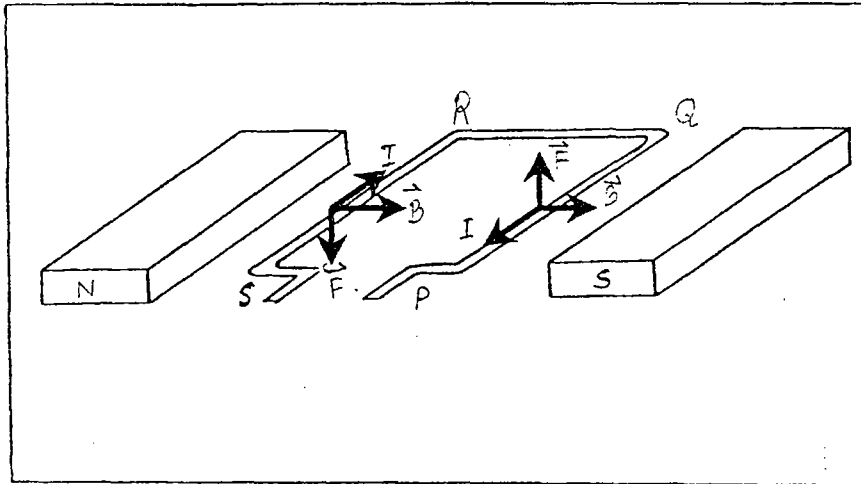
ภาพประกอบ 8

### หลักการทำงาน

ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านเข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอปเมเจอร์ครบวงจร ขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านในวงจรดังภาพประกอบที่ 7 จะทำให้เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเมเจอร์ ดังภาพประกอบที่ 8 จึงทำให้เกิดแรงคู่ควบที่ทำให้ขดลวดคอปเมเจอร์ของมอเตอร์หมุน

### สรุปผลการทดลองที่ 1

ถ้าให้ไฟฟ้ากระแสตรง ไหลผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่อ ส่วนขดลวดคอมเมอร์ ช่วง PQ และช่วง RS ทำนองเดียวกับแรงที่กระทำบนขดลวดคอมเมอร์ตามการ ทดลอง

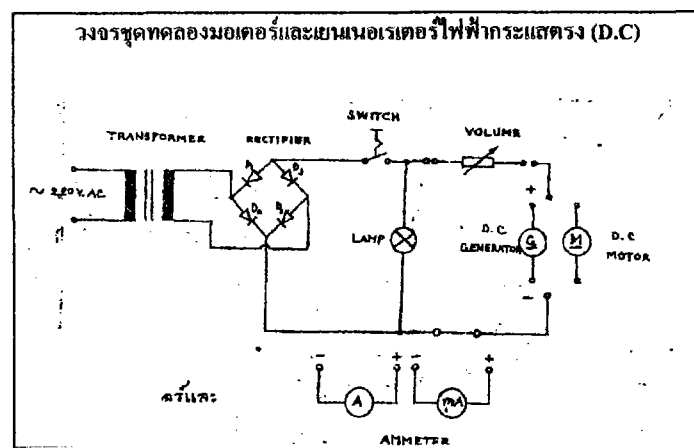


ภาพประกอบ 9

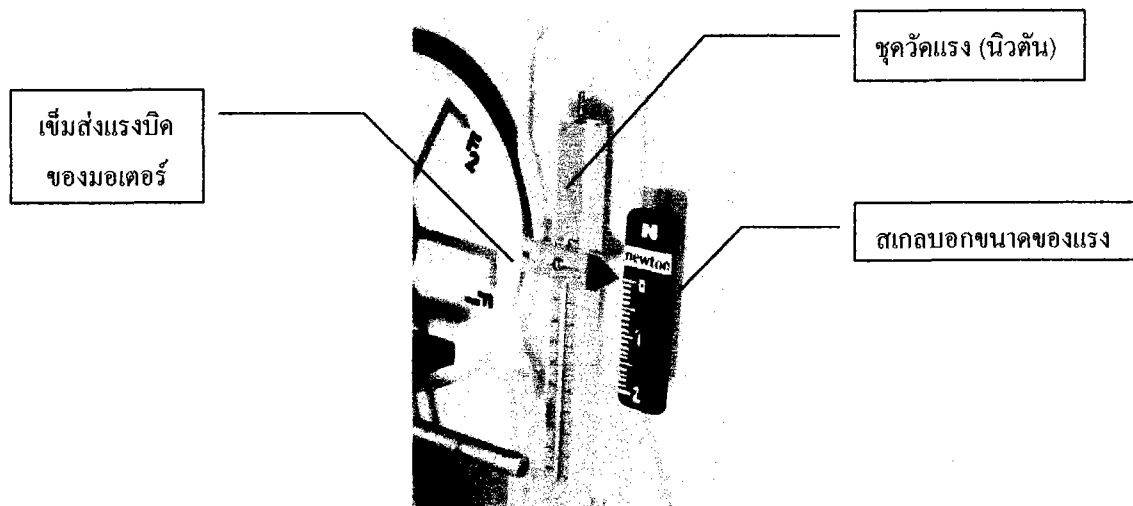
จะเห็นได้ว่าแรงที่กระทำต่อขดลวดด้าน PQ และ RS ขนานกันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม ถ้าพัน ขดลวดคอมเมอร์หลาย ๆ รอบแล้ววางอยู่ในสนามแม่เหล็กเมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงให้ไหลเข้าทาง PQ และไหลออกทาง RS จนครบวงจร แรงที่กระทำบนขดลวดคอมเมอร์ด้าน PQ กับแรงที่กระทำ กับขดลวดคอมเมอร์ด้าน RS จะขนานกันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม กล่าวได้ว่ามีแรงคู่ควบกระทำต่อ ขดลวดคอมเมอร์ทำให้ชุดของคอมเมอร์หมุน ไม่ว่าขดลวดคอมเมอร์ไปอยู่ตำแหน่งใด แรงคู่ควบจะทำ ให้ขดลวดคอมเมอร์หมุนในทิศทางเดิม ขดลวดจึงหมุนได้ต่อเนื่อง หลักการที่กล่าวมานี้ก็คือหลักการ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

วงจรการทดลองที่ 2 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์แปรตามปริมาณกระแสไฟฟ้า  
ตอนที่ 1-2-3 - วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 10

- แสดงการวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ดังภาพประกอบที่ 10
- ตอนที่ 2 ปรับให้ปริมาณกระแสไฟฟ้ามากกว่าตอนที่ 1 ตอนที่ 3 ปรับกระแสไฟฟ้าให้มากกว่าตอนที่ 2



ภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 11

### หลักการทำงาน

ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านแอมมิเตอร์เข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมอร์ในวงจรดังภาพประกอบที่ 10 เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ วัดได้จากเครื่องมือ ดังภาพประกอบที่ 11

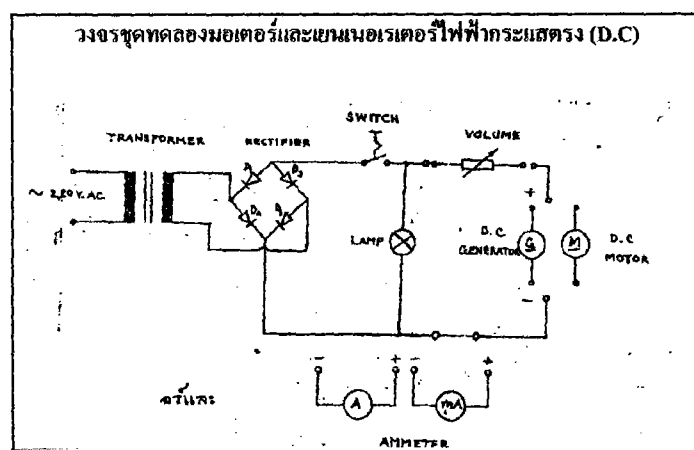
## สรุปผลการทดลองที่ 2

ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ จะแปรตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า เมื่อความยาวของขดลวดคอปเปอร์ และความเข้มของสนามแม่เหล็ก และมุมที่ทิศทางของสนามแม่เหล็กกระทำกับขดลวดคอปเปอร์คงที่

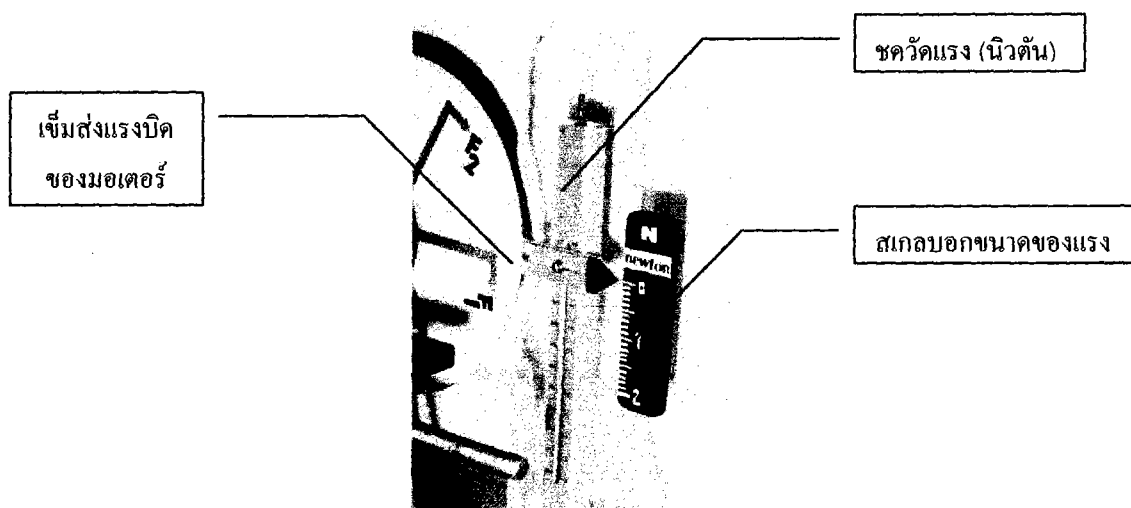
วงจรการทดลองที่ 3 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์แปรตามมุมของสนามแม่เหล็กที่ทำกับขดลวดคอมเมเจอร์

ตอนที่ 1-2-3 - วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 12

- แสดงการวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ ดังภาพประกอบที่ 13
- ตอนที่ 1 ปรับมุมสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ เป็น  $90^\circ$
- ตอนที่ 2 ปรับมุมสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ เป็น  $75^\circ$
- ตอนที่ 3 ปรับมุมสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ เป็น  $60^\circ$



ภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 13

#### หลักการทำงาน

ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านแอมมิเตอร์เข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมเจอร์ในวงจรดังภาพประกอบที่ 12 เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ วัดได้จากเครื่องมือ ดังภาพประกอบที่ 13

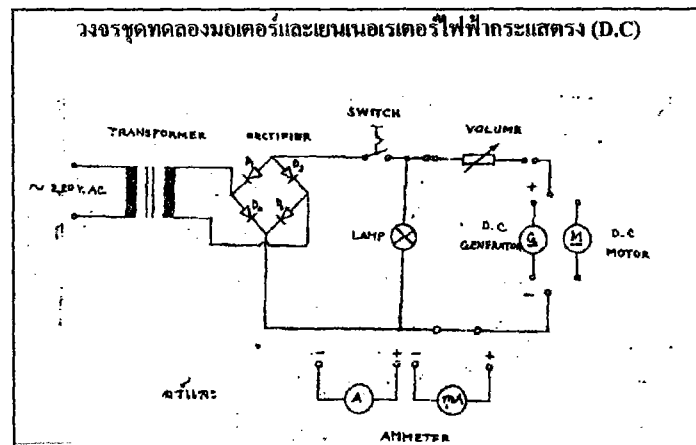
### สรุปผลการทดลองที่ 3

ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ จะแปรตามมุมที่ทิศสนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ มุม  $90^\circ$  เป็นมุมที่ทำให้ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์มากที่สุด

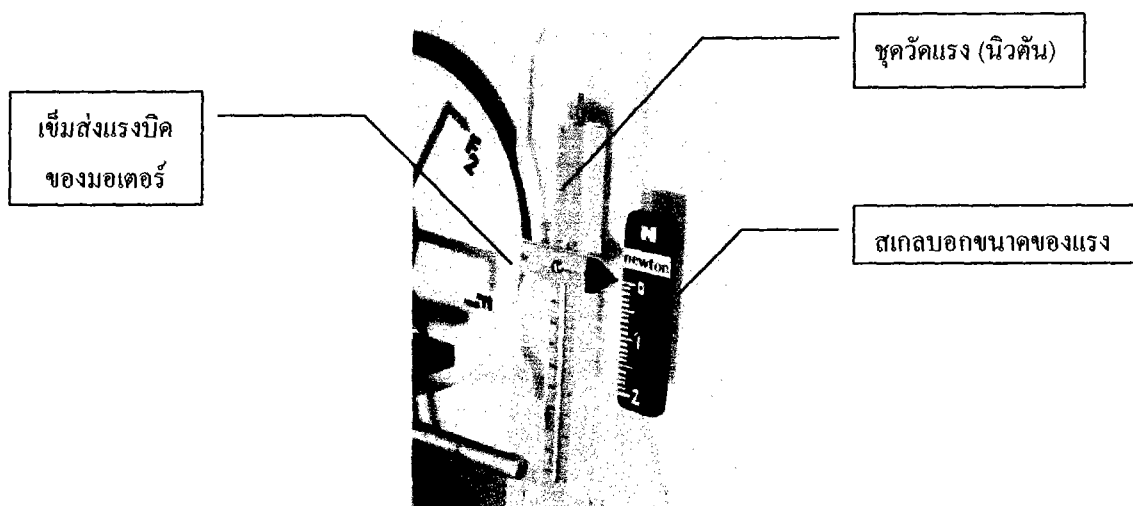
วงจรการทดลองที่ 4 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์แปรตามความยาวของขดลวดคอมเมเจอร์

ตอนที่ 1-2-3 - วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 14

- แสดงการวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ ดังภาพประกอบที่ 15
- ตอนที่ 1 ความยาวของขดลวดคอมเมเจอร์ 22.4 เมตร
- ตอนที่ 2 ความยาวของขดลวดคอมเมเจอร์ 2.84 เมตร



ภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 15

#### หลักการทำงาน

ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านแอมมิเตอร์เข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมเจอร์ในวงจรดังภาพประกอบที่ 14 เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ วัดได้จากเครื่องมือ ดังภาพประกอบที่ 15

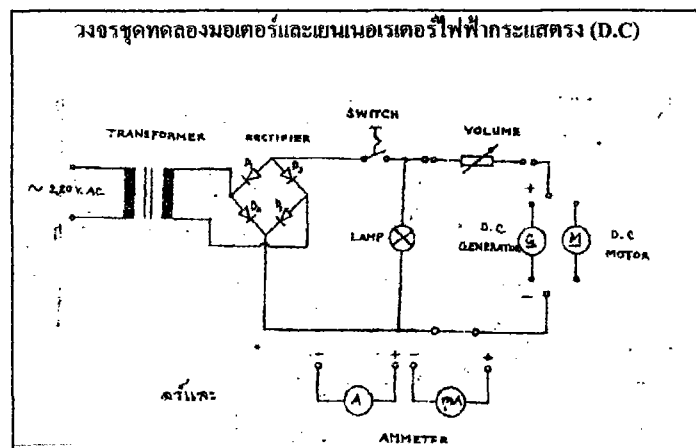
#### สรุปผลการทดลองที่ 4

ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอยเมเจอร์ ของมอเตอร์จะแปรตามความยาวของขดลวดคอยเมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้า ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และมุมที่ทิศทางของสนามแม่เหล็กกระทำกับขดลวดคอยเมเจอร์คงที่

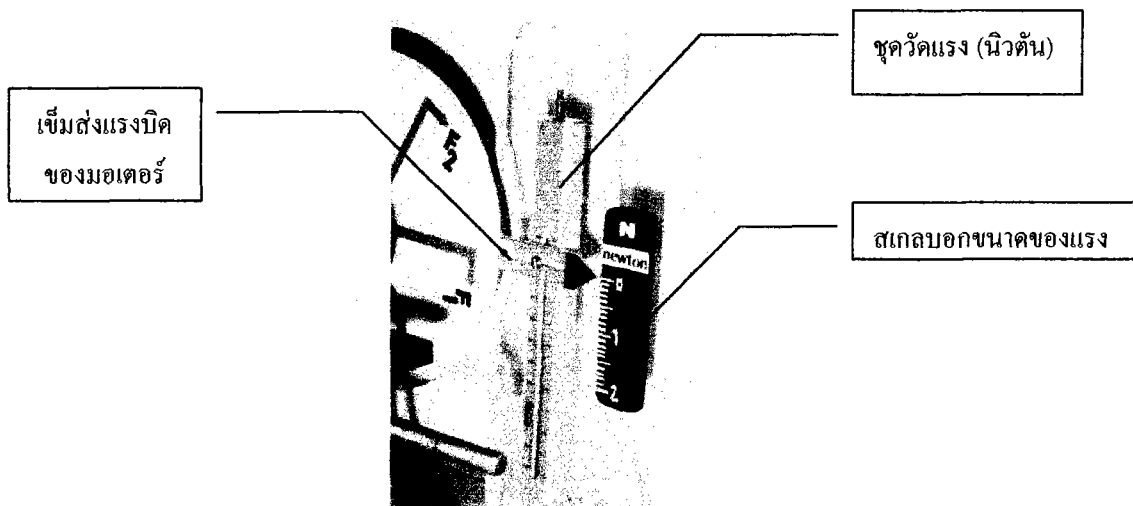
วงจรการทดลองที่ 5 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์แปรตามความเข้มของสนามแม่เหล็ก

ตอนที่ 1-2-3 - วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 16

- แสดงการวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ ดังภาพประกอบที่ 17
- ตอนที่ 1 ปรับขั้วแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดคอมเมเจอร์ 5 มิลลิเมตร
- ตอนที่ 2 ปรับขั้วแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดคอมเมเจอร์ 10 มิลลิเมตร
- ตอนที่ 3 ปรับขั้วแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดคอมเมเจอร์ 15 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 17

#### หลักการทำงาน

ในวงจรนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไหลผ่านสวิตช์ ผ่าน Volume แล้วผ่านแอมมิเตอร์เข้าแปลงถ่านคอมมิวเตเตอร์ แล้วเข้าขดลวดคอมเมเจอร์ในวงจรดังภาพประกอบที่ 16 เกิดแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมเจอร์ วัดได้จากเครื่องมือ ดังภาพประกอบที่ 17

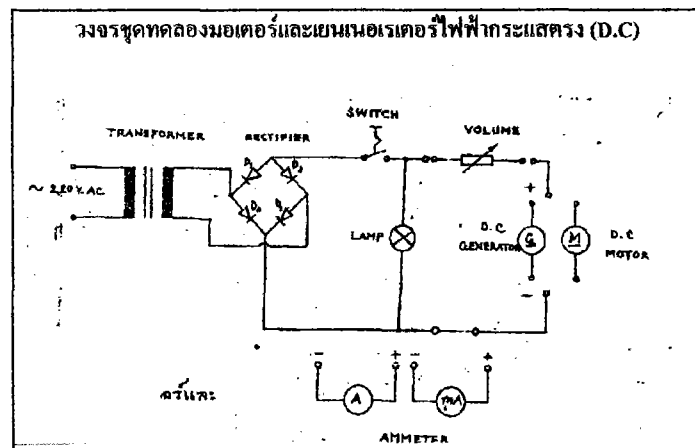
### สรุปผลการทดลองที่ 5

ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์แปรตามความเข้มสนามแม่เหล็กเมื่อ ปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขดลวดคอมเมอร์ ความยาวขดลวดคอมเมอร์ และมุมที่สนามแม่เหล็กกระทำ ต่อขดลวดคอมเมอร์คงที่

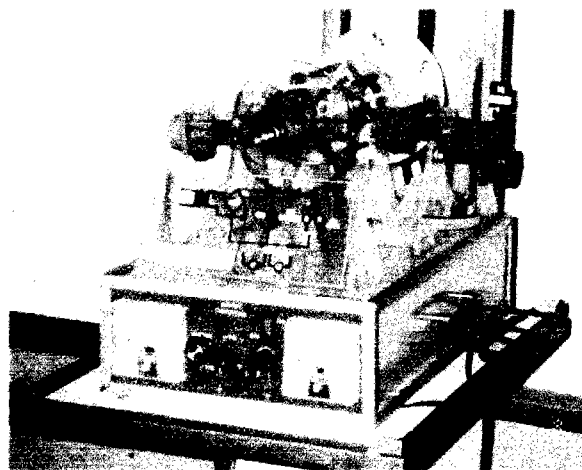
วงจรการทดลองที่ 6 หลักการทำงานของเอนเนอเรเตอร์

ตอนที่ 1-2-3 - วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 18

- แสดงทิศขดลวดคอมเมอร์ห์หมุนตัดสนามแม่เหล็ก กับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังภาพประกอบที่ 19



ภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 19

หลักการทำงาน

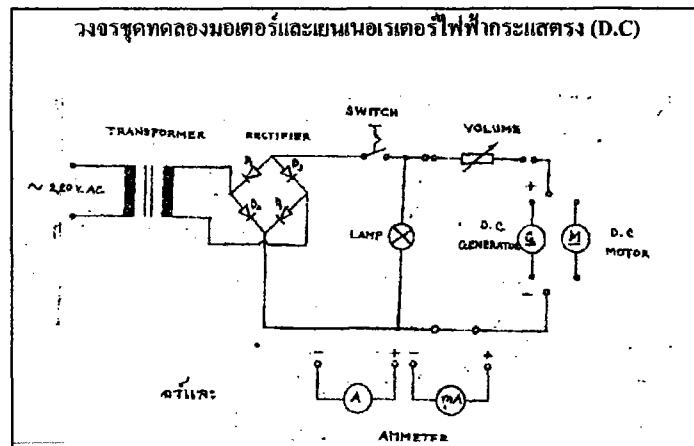
เมื่อหมุนพุ่มลัดขั้ว ขั้วคอมเมอร์ห์จะหมุนทำให้ขดลวดคอมเมอร์ห์ตัดกับสนามแม่เหล็ก เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ดังภาพประกอบที่ 18 ทิศทางการหมุนของขดลวดคอมเมอร์ห์กับการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในภาพประกอบ 19

### สรุปผลการทดลองที่ 6

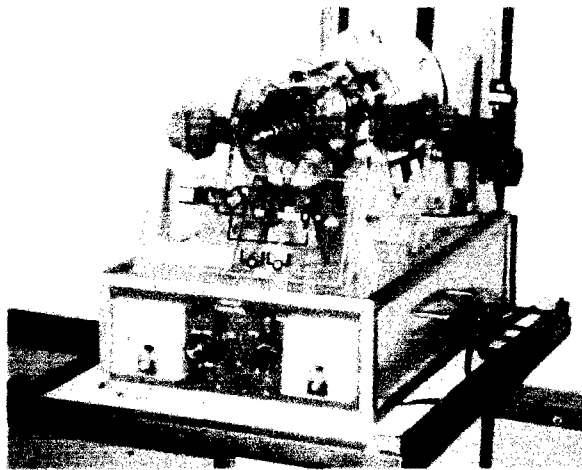
เมื่อนำเอาขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็กจะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดนั้น ทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเป็นไปตามกฎมือขวาของ แฟลมมิง กฎนี้ใช้สำหรับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเท่านั้น เมื่อถ่วงน้ำหนักแม่เหล็ก น้ำขึ้น และน้ำกลาวออก โดยทั้ง 3 น้ำจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน กำหนดให้ น้ำขึ้นขึ้นไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กและให้น้ำหัวแม่เหล็กขึ้นไปตามทิศทาง การเคลื่อนที่ของตัวนำไฟฟ้า ณ. ที่แห่งนั้นที่ผ่านในสนามแม่เหล็ก จะได้ น้ำกลางขึ้นทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในตัวนำเป็นไปตามหลักการทำงานของมอเตอร์

วงจรทดลองที่ 7 ปริมาณกระแสไฟฟ้าแปรตามความเร็วของขดลวดอเมเจอร์หมุนตัดสนามแม่เหล็ก

- ตอนที่ 1
- วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 20
  - แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความเร็วของขดลวดอเมเจอร์หมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก ดังภาพประกอบที่ 21



ภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 21

#### หลักการทำงาน

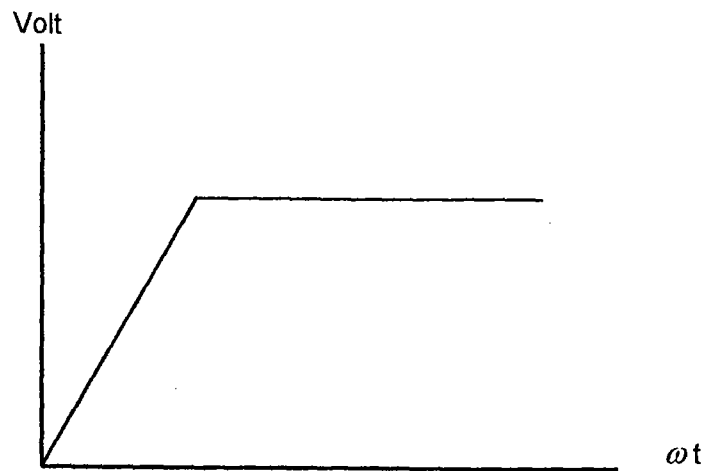
ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังภาพประกอบที่ 20 ความเร็วในการหมุนขดลวดอเมเจอร์ ดังภาพประกอบ 21

**ภาคผนวก ก.**

**คู่มือการใช้**

**ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์**

กราฟความสัมพันธ์แรงเคลื่อนไฟฟ้ากับมุมที่ขดลวดหมุนไปโดยใช้เวลา  $t$  วินาที



ถ้าพิจารณาให้ขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับหมุนด้วยอัตราเร็วคงที่โดยมีเวลาในการครบรอบหรือคาบเป็น  $T$  วินาที อัตราเร็วเชิงมุม  $\omega$  จะมีค่าตามสมการ

$$\omega = \frac{\text{มุมที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนมุม}}$$

$$= \frac{2\pi}{T}$$

ถ้าให้  $\theta$  เป็นมุมที่ขดลวดหมุนไปโดยใช้เวลา  $t$  วินาที นั่นคือ

$$\theta = \frac{2\pi}{T} t$$

แต่  $T = \frac{1}{f}$

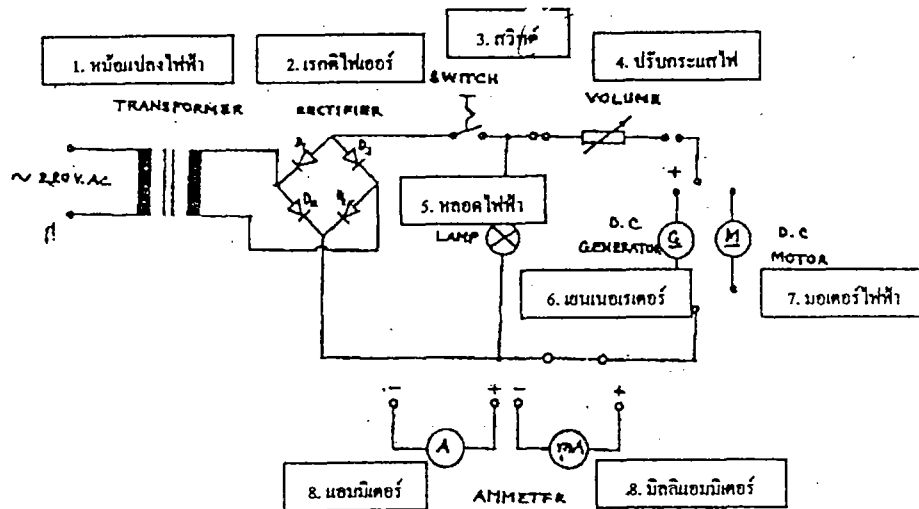
ดังนั้น  $\theta = 2\pi f t$

แต่  $\omega = 2\pi f$

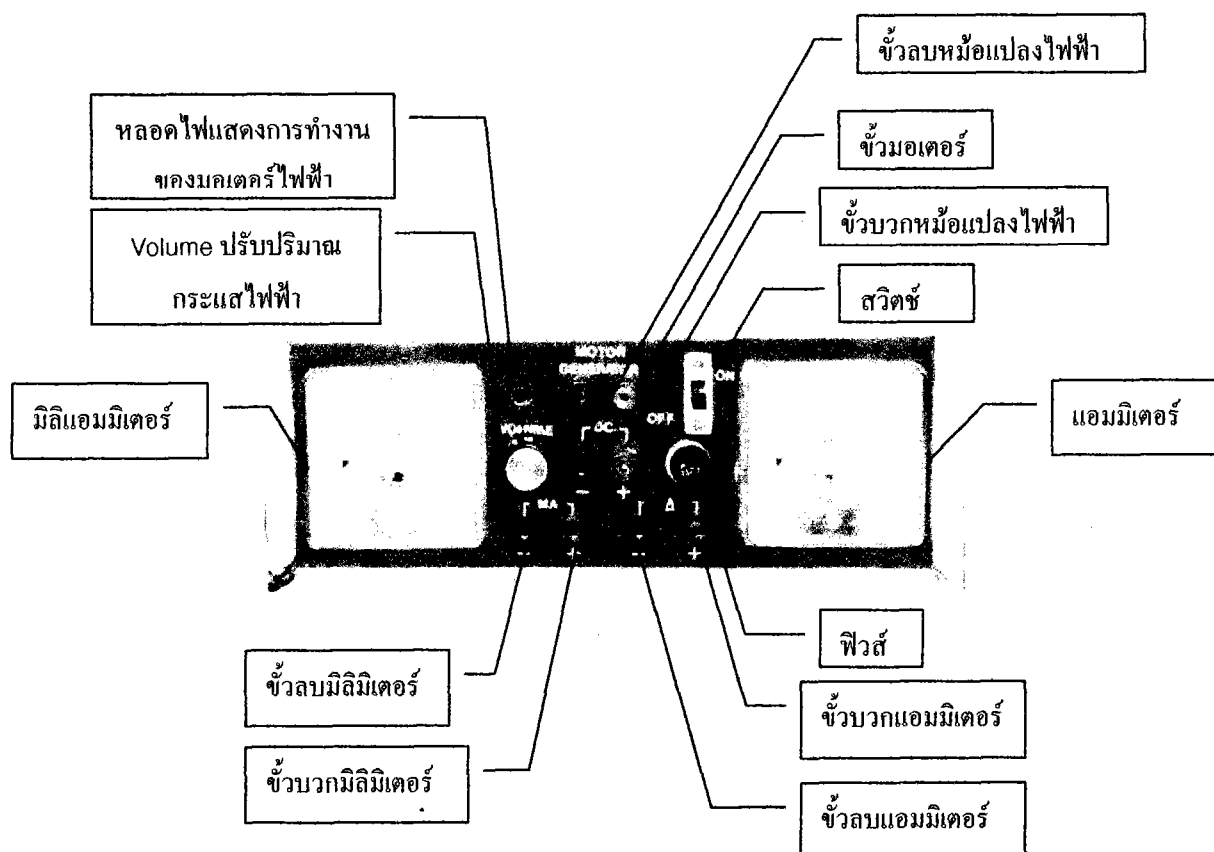
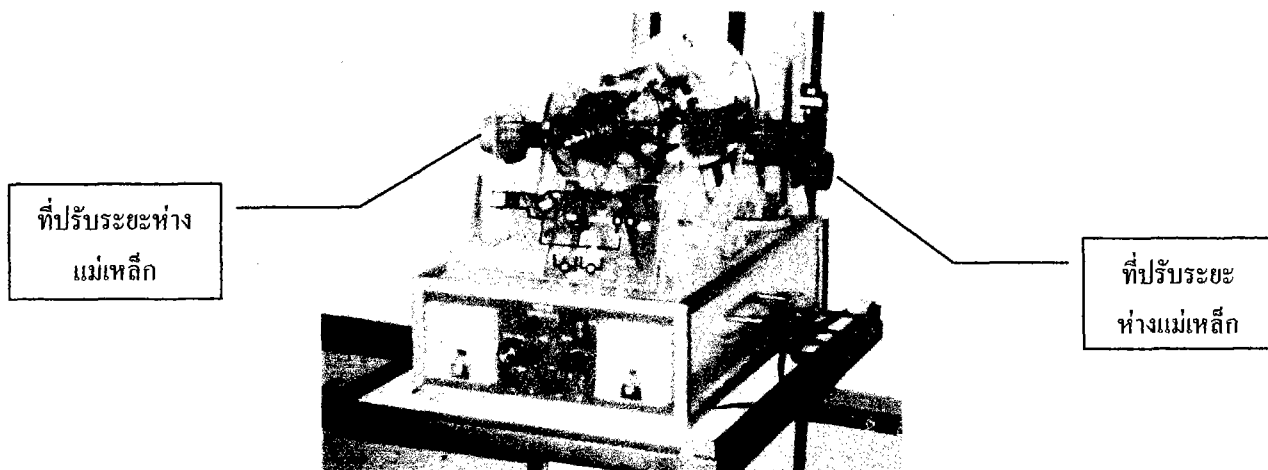
นั่นคือ  $\theta = \omega t$

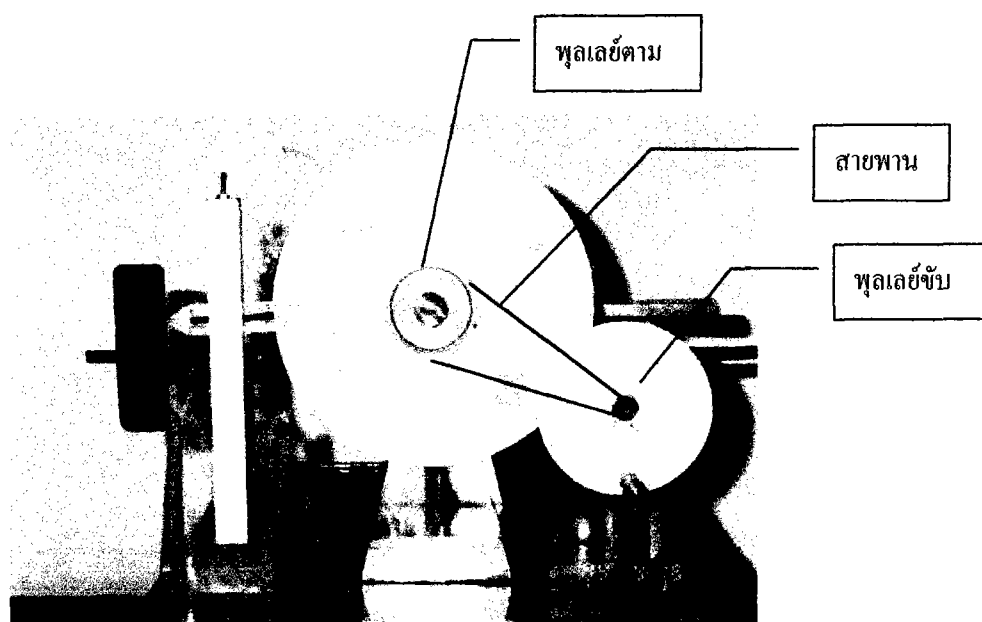
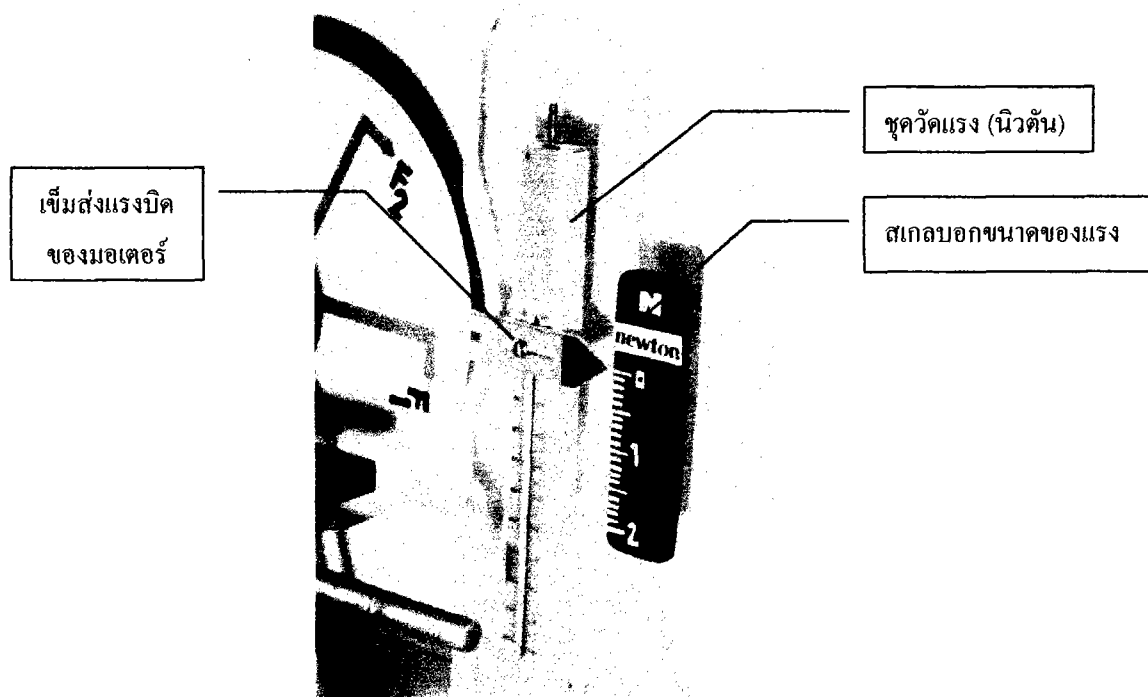
ขณะที่ความเร็วของอเมเจอร์หมุนตัดสนามแม่เหล็กแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามกราฟ จนถึงความเร็วอเมเจอร์เพิ่มขึ้นระดับหนึ่ง แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะคงที่ ดังแสดงในกราฟ

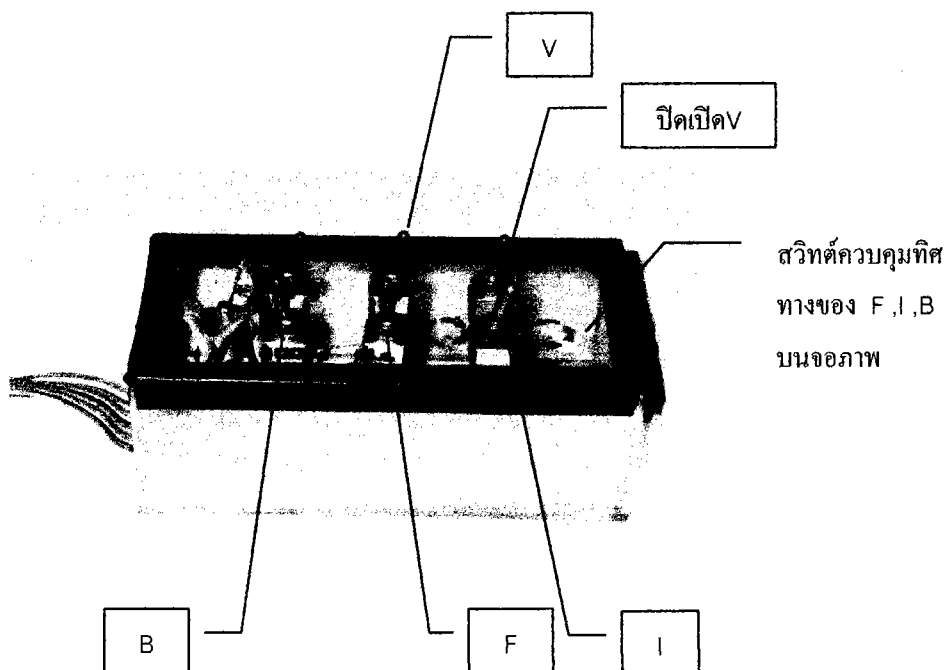
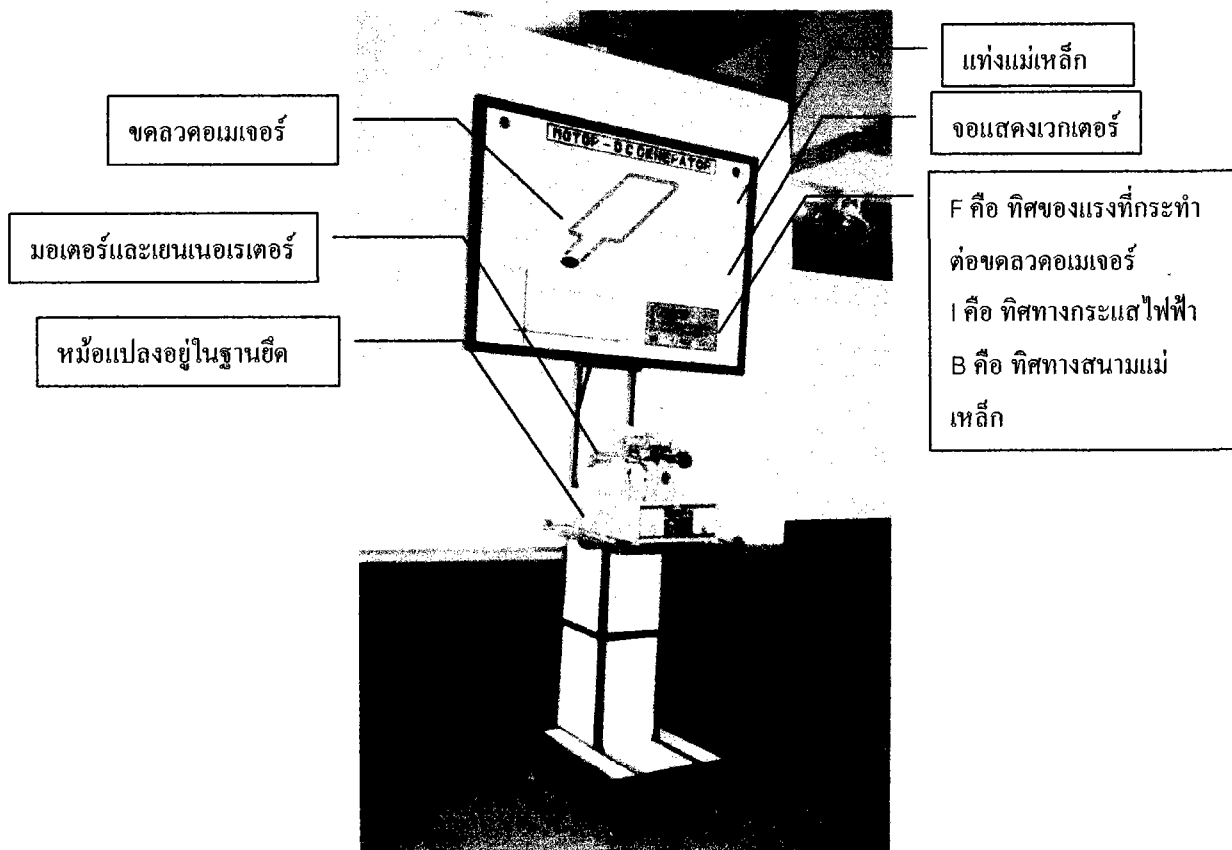
# วงจรชุดทดลองมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C)











### การทดลองที่ 1 หลักการทำงานของมอเตอร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 150 นาที

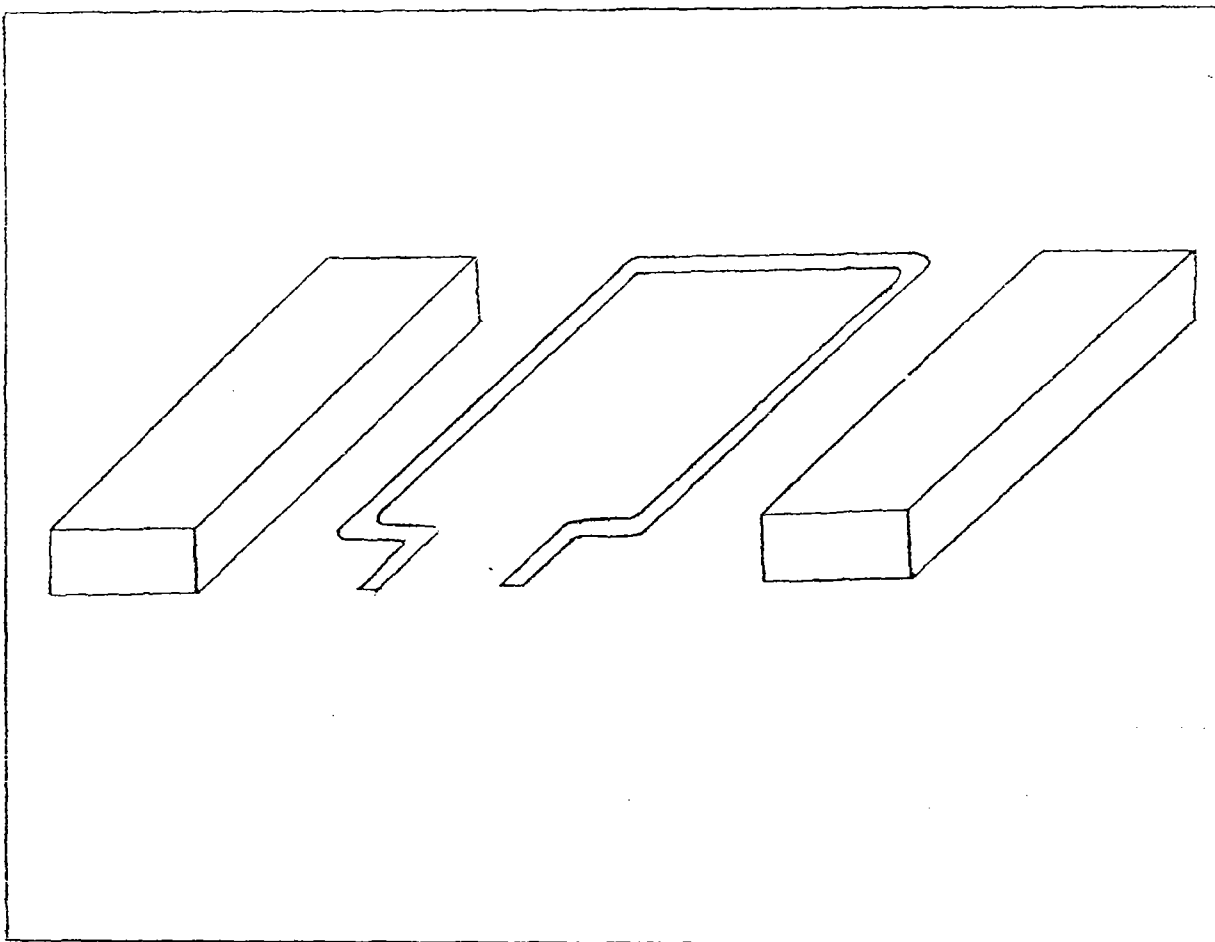
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ได้
2. สามารถนำหลักการที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้กับวิชาชีพได้

ตอนที่ 1

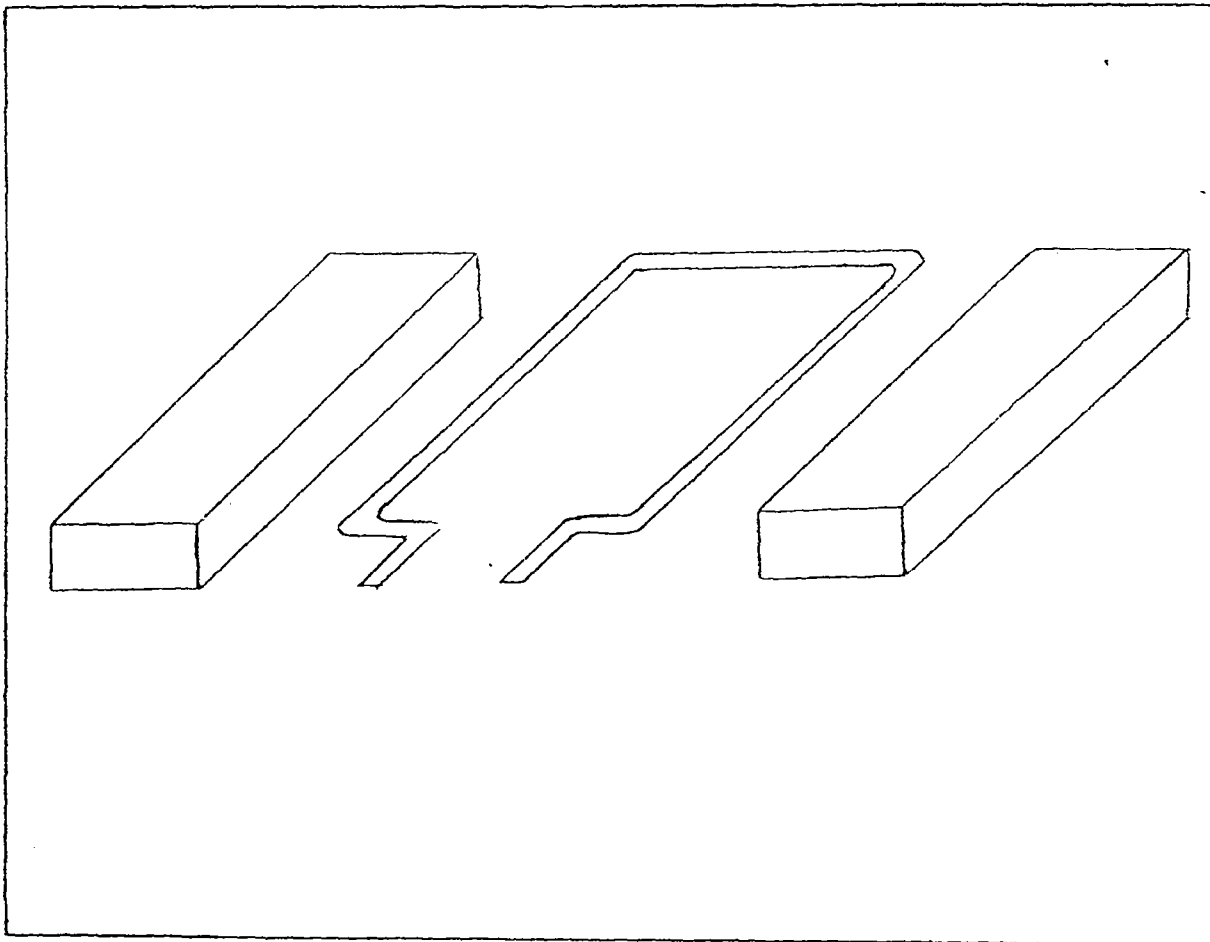
1. ค่อยๆ จรในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ โดยค่อยๆ กระจายระหว่างขั้วไฟฟ้า DC. จากขั้วบวกและขั้วลบ ไปยังขั้วของมอเตอร์จนครบวงจร เปิดสวิตช์ปรับ Volume จนมอเตอร์หมุน

2. บันทึกสวิตช์วงจรการบอกทิศทางของ I, B, และ F บนจอภาพ
3. ให้บันทึกรูปที่เกิดขึ้นบนจอภาพลงในบันทึกผลการทดลอง



### ตอนที่ 2

1. จากวงจรตอนที่ 1 เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดคอมเพเจอร์ โดยสลับสายขั้วบวกและขั้วลบของไฟฟ้า DC. ที่ต่อเข้ามอเตอร์
2. บังคับสวิทช์วงจรการบอกทิศทางของ I, B, และ F บนจอภาพ
3. ให้บันทึกรูปบนจอโดยเขียนทิศทางของเวกเตอร์ I, B, และ F

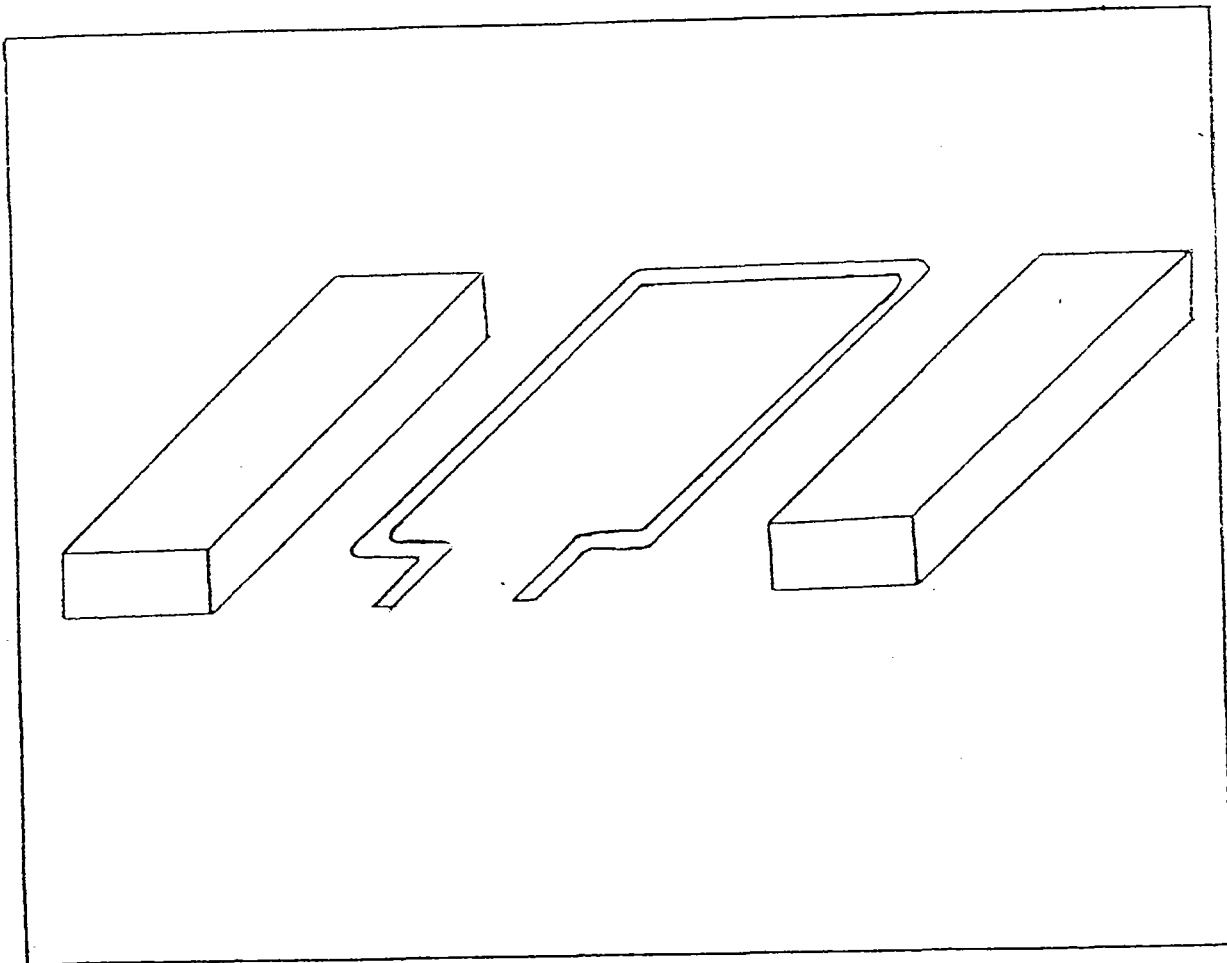


### ตอนที่ 3

1. คํอวงจรหลักการทำงานของมอเคอร์เหมือนคอนที่ 1 แต่เปลี่ยนทิศของสนามแม่เหล็กให้ตรงกันข้ามกับคอนที่1 โดยการสลับขั้วของแท่งแม่เหล็กแล้วเปิดสวิตช์ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวด

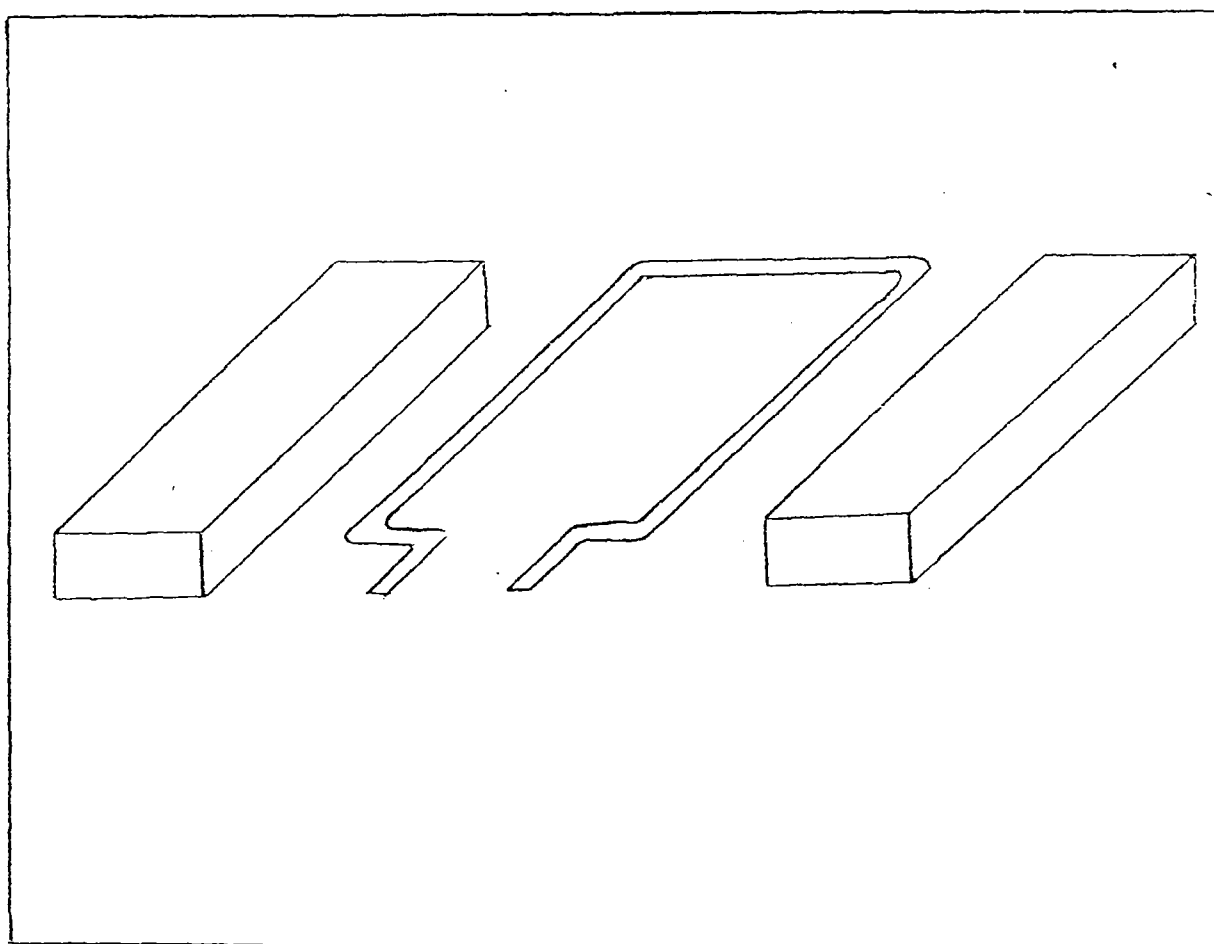
2. ควบคุมสวิตช์วงจรบอกทิศทางของกระแสไฟฟ้า, สนามแม่เหล็กและแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์

3. ใ้บันทึกรูปที่เกิดขึ้นบนจอภาพ โดยการเขียนทิศทางของกระแสไฟฟ้า, สนามแม่เหล็กและแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์



#### ตอนที่ 4

1. คํอวจร ในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ให้มิติศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก ให้ตรงกันข้ามกับการทดลองในตอนที่ 1 เมื่อเรียบร้อยแล้วให้เปิดสวิตช์ ให้มอเตอร์ทำงาน
2. ควบคุมสวิตช์บอกทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กและแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์
3. บันทึกกรุปบนจอภาพลงบนแผ่นบันทึกผลการทดลอง



สรุป ผลการทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และการนำผลที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้กับวิชาชีพ

## การทดลองที่ 2 ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์แปรตามปริมาณกระแสไฟฟ้า

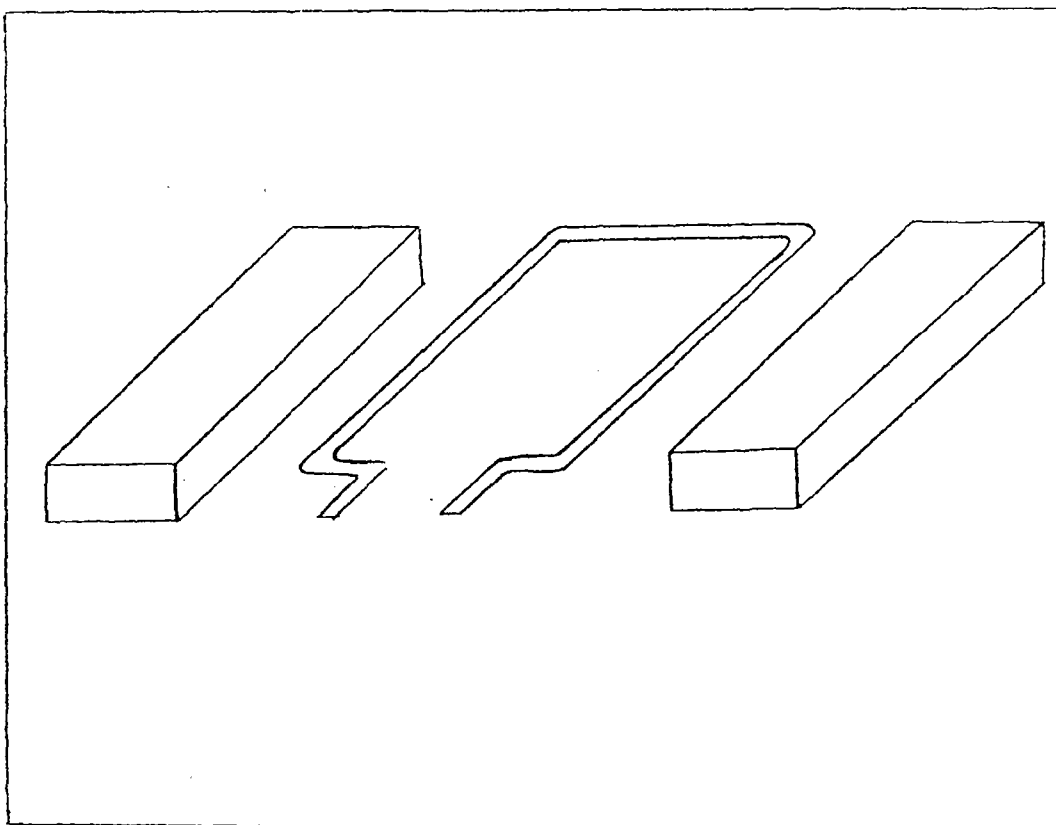
เวลาที่ใช้ในการทดลอง 50 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ขนาดของแรงที่มีต่อขดลวดคอมเมอร์ได้ เมื่อความยาวขดลวดคอมเมอร์ ความเข้มสนามแม่เหล็กและมุมทิศสนามแม่เหล็กทำกับขดลวดคอมเมอร์

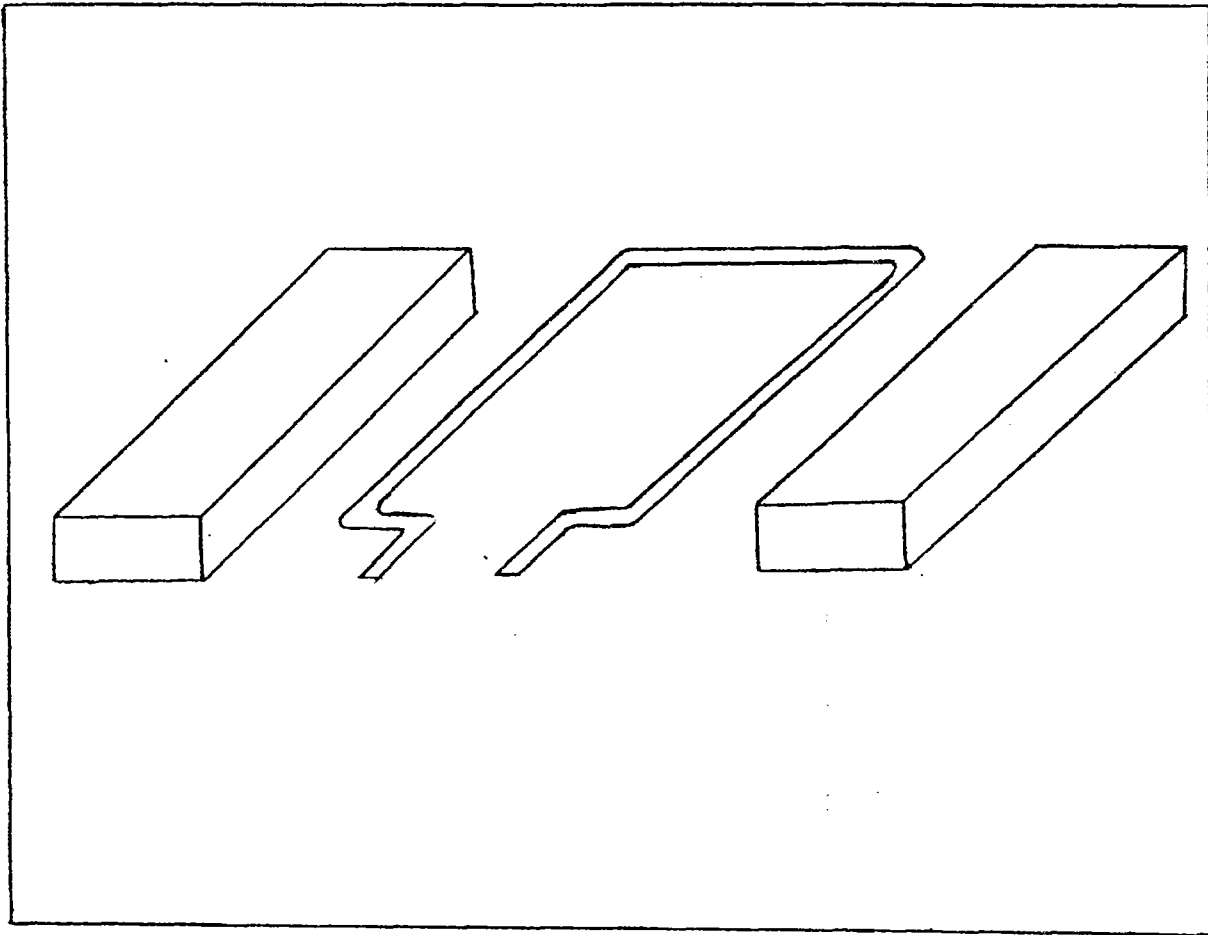
ตอนที่ 1

1. คำนวณการทำงานของมอเตอร์ โดยใช้แอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับกระแสไฟฟ้า ก่อนเข้ามอเตอร์ ทางขั้วบวกจนครบวงจร
2. ต่อเครื่องวัดขนาดของแรงเข้ากับลวดช่วยแรงของมอเตอร์
3. เปิดสวิตช์ปรับ Volume ให้ประมาณ 1-1.5 แอมแปร์ อ่านค่าขนาดของแรงมอเตอร์ ที่วัดได้จากเครื่องวัดนิวตัน
4. บันทึกผลขนาดของแรง, ปริมาณกระแสไฟฟ้า (โดยความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความยาวของขดลวดคอมเมอร์คงที่)



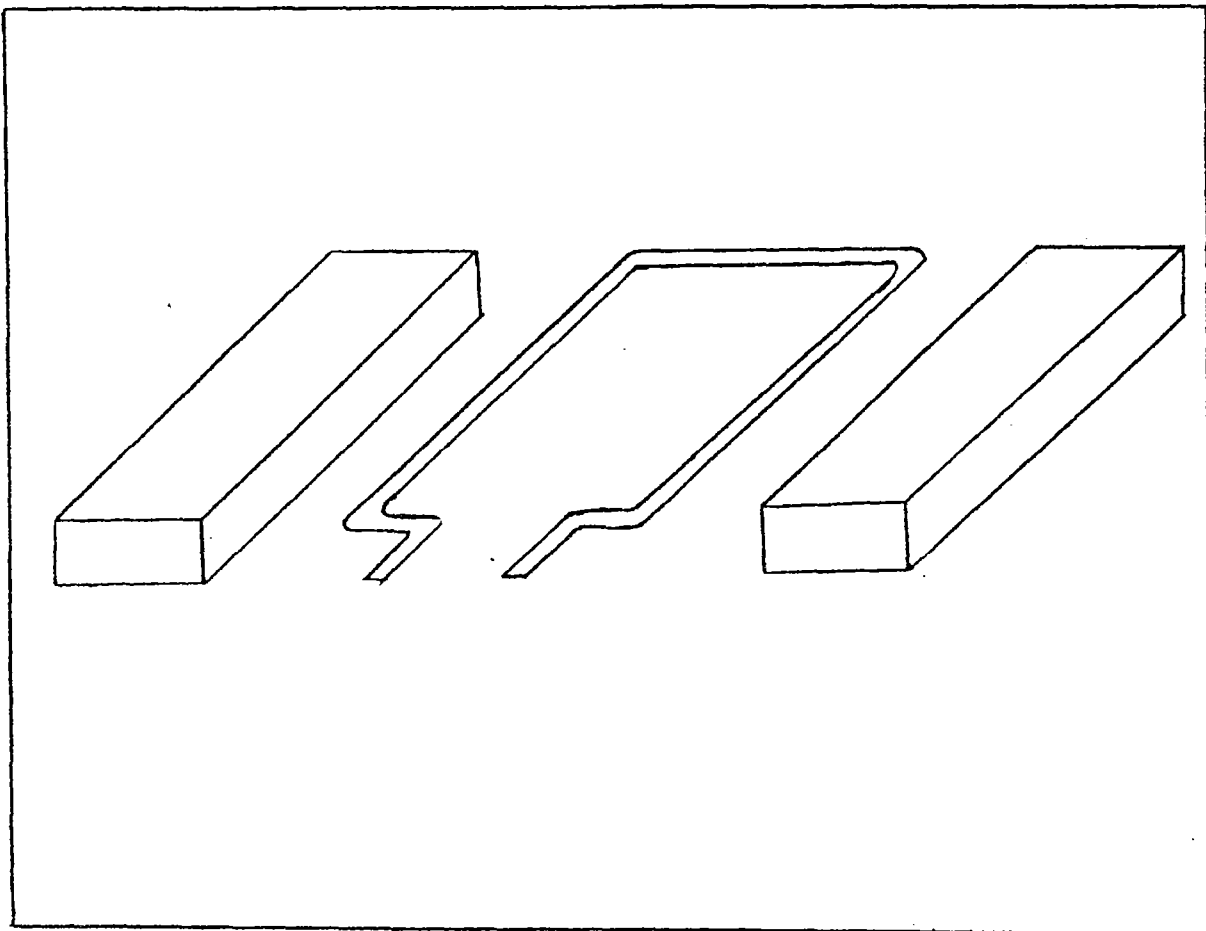
## ตอนที่ 2

1. จากวงจรในการทดลองที่ 2 ตอนที่ 1 ให้ปรับ Volume ใช้กระแสไฟฟ้า  
ประมาณ 2 แอมแปร์
2. อ่านค่าขนาดของแรงมอเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องวัดนิวตัน
3. บันทึกผลขนาดของแรง ,ปริมาณกระแสไฟฟ้า (ความเข้มของสนามแม่เหล็กและ  
ความยาวของลวดคอมเมอร์คิงที่)



## ตอนที่ 3

1. จากวงจรในการทดลองที่ 2 ตอนที่ 1 ให้ปรับ Volume ใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2.5 แอมแปร์
2. อ่านค่าขนาดของแรงมอเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องวัดนิวตัน
3. บันทึกผลขนาดของแรง , ปริมาณกระแสไฟฟ้า (ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดคอยล์ตรงที่)



สรุป           ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้ากับแรงที่มากกระทำต่อขดลวด  
อเนเจอร์ของมอเตอร์ (เมื่อความเข้มขของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดอเนเจอร์คงที่  
สนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศาับขดลวดอเนเจอร์)

**การทดลองที่ 3** ขนาดของแรงกระทำต่อขดลวดคอมเมอร์แปรตามมุมทิศทางของสนามแม่เหล็กกับขดลวดคอมเมอร์

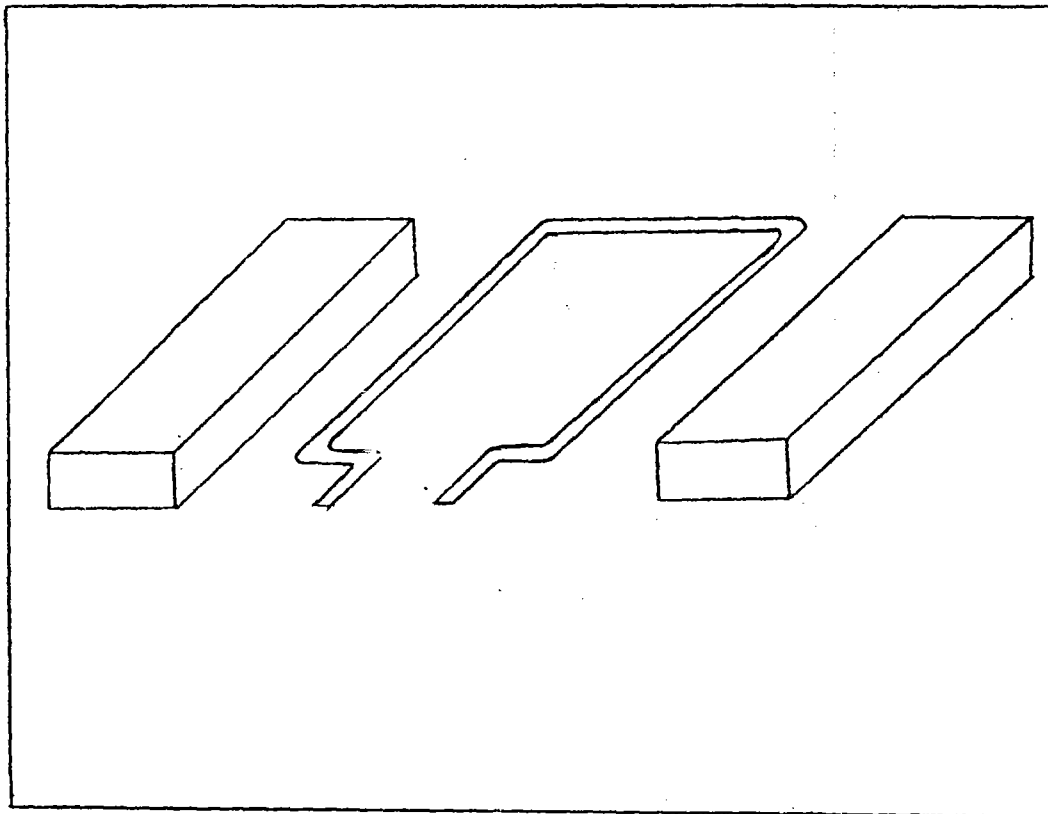
เวลาที่ใช้ในการทดลอง 50 นาที

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. บอกความสัมพันธ์ขนาดของแรงที่ทำต่อขดลวดคอมเมอร์ได้ เมื่อมุมของสนามแม่เหล็กที่ทำกับขดลวดคอมเมอร์เปลี่ยนค่ามุม

**ตอนที่ 1**

1. ค่อยๆจรการทำงานของมอเตอร์โดยใช้แอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเข้ากับกระแสไฟฟ้าก่อนเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้าทางขั้วบวกจนครบวงจร
2. ปรับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์เท่ากับ 90 องศา
3. ปรับชุดเครื่องวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์
5. เปิดสวิตช์แล้วบันทึกขนาดของแรงโดยอ่านค่าจากเครื่องวัดขนาดของแรง ,ปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ ,ความยาวของลวด ,ความเข้มของสนามแม่เหล็ก แล้วบันทึกผลการทดลอง



## ตอนที่ 2

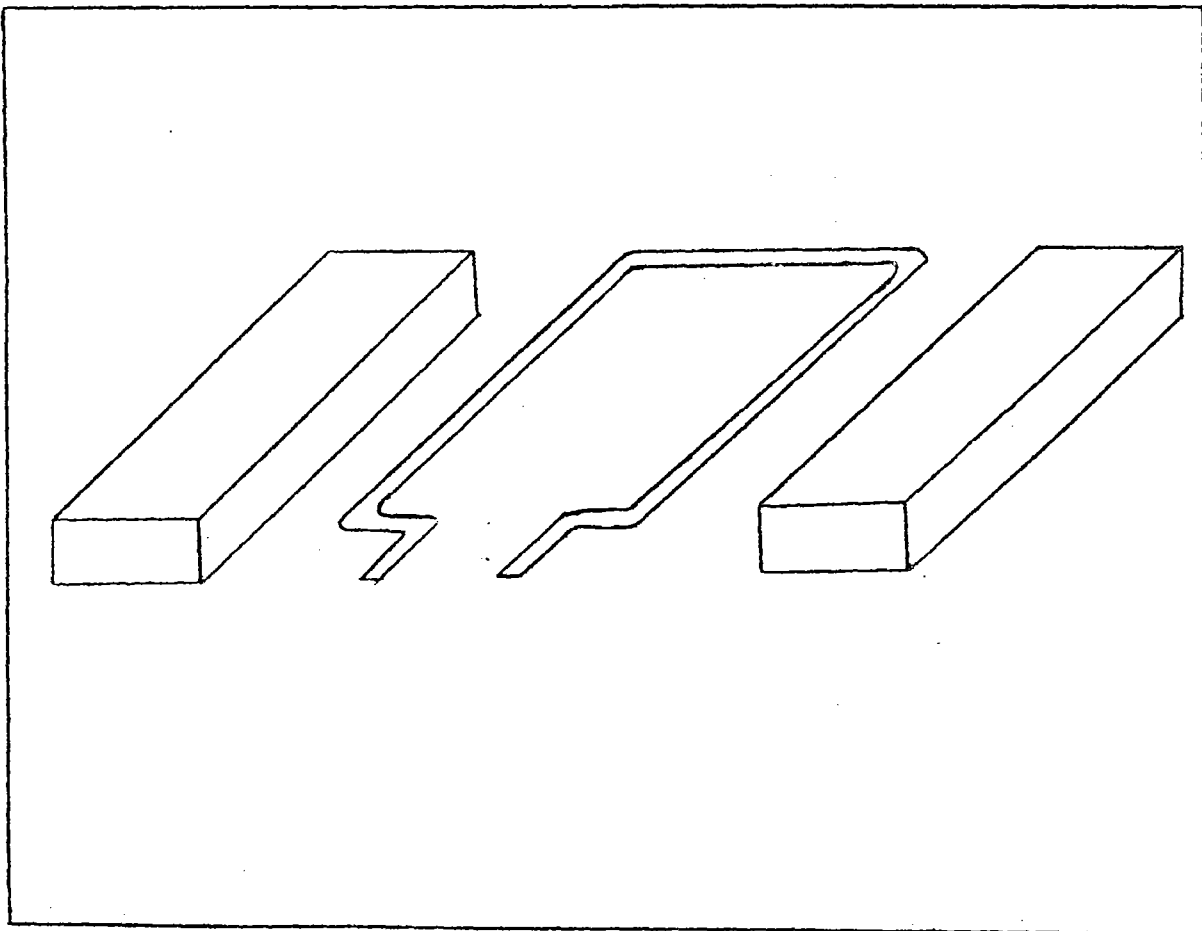
1. คํอวจรในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์อนุกรมกับแอมมิเตอร์เหมือนการทดลองตอนที่ 1

2. ปรับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์เท่ากับ 75 องศา

3. ให้ปริมาณกระแส ,ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ,ความยาวของขดลวดคอเมเจอร์เท่ากับการทดลองตอนที่ 1

4. ปรับชุดเครื่องวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์

5. เปิดสวิตซ์แล้วบันทึกขนาดของแรงโดยอ่านค่าจากเครื่องวัดขนาดของแรงเป็นนิวตัน ปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ ,ความเข้มสนามแม่เหล็ก แล้วบันทึกผลการทดลอง



### ตอนที่ 3

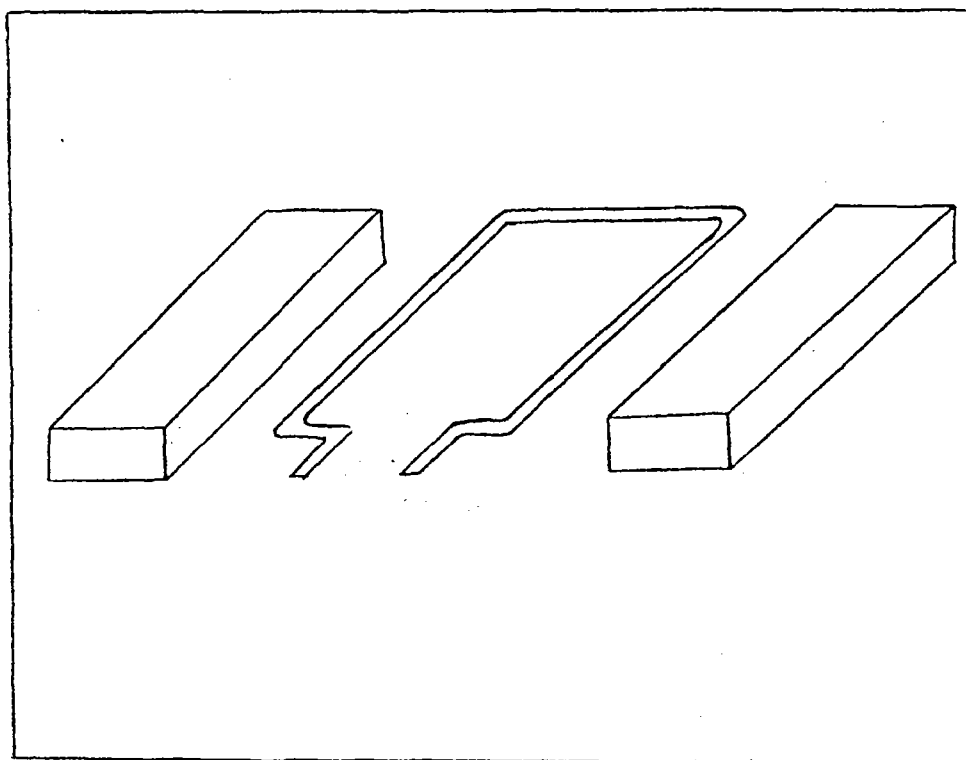
1. ตัวอย่างในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์อนุกรมกับแอมมิเตอร์เหมือนการทดลองตอนที่ 1

2. ปรับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดเมเจอร์เท่ากับ 60 องศา

3. ให้ปริมาณกระแส , ความเข้มของสนามแม่เหล็ก , ความยาวของขดลวดเมเจอร์เท่ากับการทดลองตอนที่ 1

4. ปรับชุดเครื่องวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดเมเจอร์

5. เปิดสวิตช์แล้วบันทึกขนาดของแรงโดยอ่านค่าจากเครื่องวัดขนาดของแรงเป็นนิวตัน ปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ , ความเข้มสนามแม่เหล็ก แล้วบันทึกผลการทดลอง



สรุป ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ (เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้า ,ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดคอปเปอร์คงที่)

#### การทดลองที่ 4 ขนาดของแรงทำต่อขดลวดคอมเมอร์แปรตามความยาว ของขดลวดคอมเมอร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 50 นาที

##### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ขนาดของแรงที่ทำต่อขดลวดคอมเมอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า ความเข้มสนามแม่เหล็กและมุมทิศสนามแม่เหล็ก ทำต่อขดลวดคอมเมอร์คงที่

##### ตอนที่ 1

1. ถอดจุดต่อชุดที่ 2 ออกจากคอมพิวเตอร์ ความยาวของขดลวดคอมเมอร์ เท่ากับ 22.4 เมตร

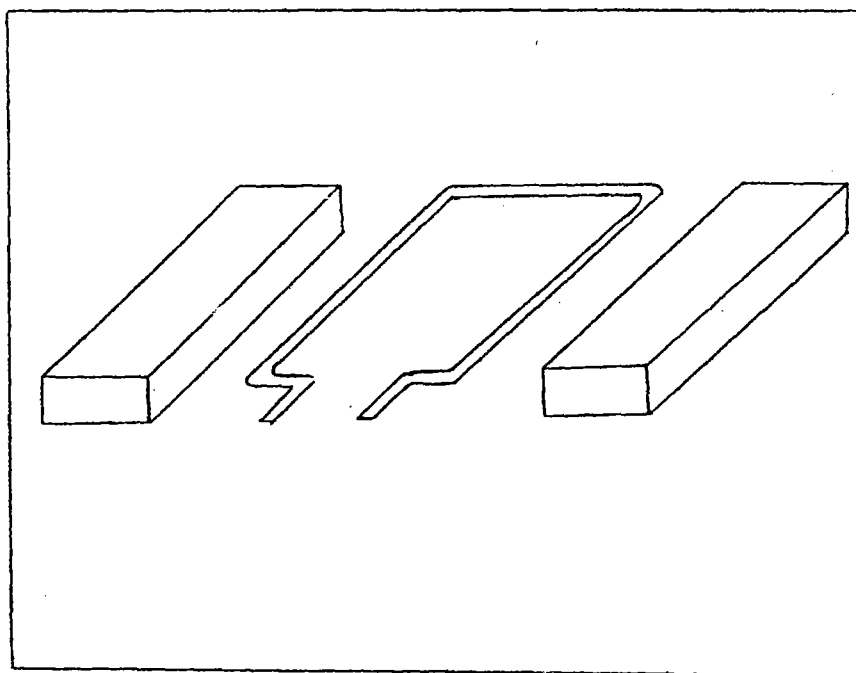
2. ค่อยวงจรชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์โดยต่อวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้า DC. จากขั้วบวกอนุกรมกับแอมมิเตอร์แล้วต่อกับขั้วของมอเตอร์จากขั้วลบของไฟฟ้า DC. ไปเข้าอีกขั้วของมอเตอร์จนครบวงจร

3. ปรับแท่งแม่เหล็กทั้งสองขั้วให้อยู่ห่างจากขดลวดคอมเมอร์ 10 มิลลิเมตร

4. ต่อชุดวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์

5. เปิดสวิตช์ปรับ Volume ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรประมาณ 1.5 แอมแปร์

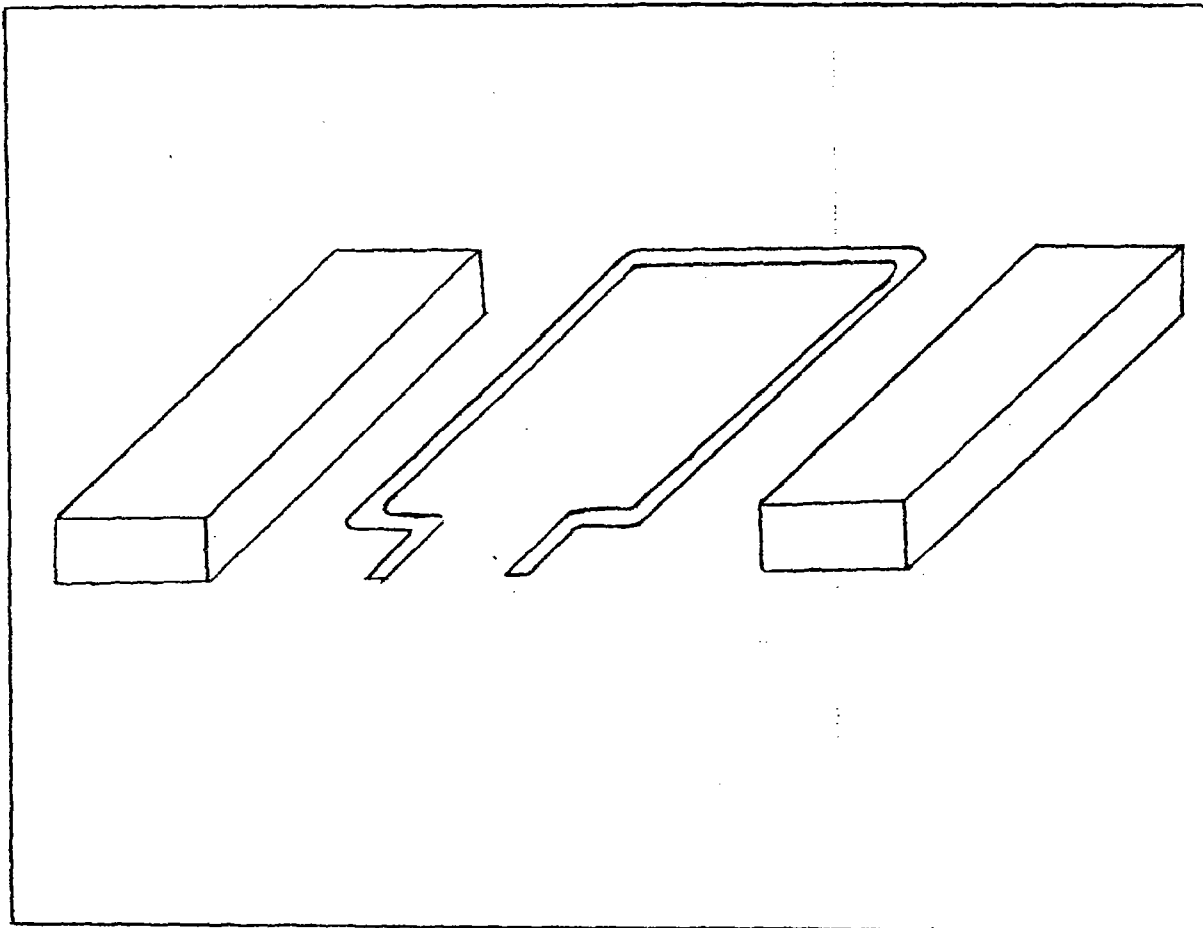
6. บันทึกขนาดของแรงจากเครื่องมือวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์ ปริมาณกระแสไฟฟ้า ,ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ,ความยาวของขดลวดคอมเมอร์ ,ทิศของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์



## ตอนที่ 2

1. ปิดสวิทช์แล้วต่อขดลวดคอยเมเจอร์ ชุดที่ 2 เข้ากับคอมมิวเตเตอร์ ทำให้ความยาวของขดลวดคอยเมเจอร์เป็น 2.84 เมตร

2. เปิดสวิทช์ บันทึกขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวด ,ปริมาณกระแสไฟฟ้า ,ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ,มุมที่แม่เหล็กกระทำต่อขดลวด ,ความยาวของขดลวด



สรุป บอกความสัมพันธ์ขนาดความยาวของขดลวดเคมเจอร์กับขนาดของแรงที่  
กระทำต่อขดลวดเคมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้า, ความเข้มสนามแม่เหล็กคงที่ ที่มุมของ  
สนามแม่เหล็กทำกับขดลวดเคมเจอร์ 90 องศา

### การทดลองที่ 5 ขนาดของแรงทำต่อขดลวดคอปเปอร์แปรตามความเข้มสนามแม่เหล็ก

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 30 นาที

#### จุดประสงค์ในการเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ได้ เมื่อ ปริมาณกระแสไฟฟ้า ความยาวขดลวดคอปเปอร์และมุมทิศสนามแม่เหล็ก ทำกับขดลวดคอปเปอร์

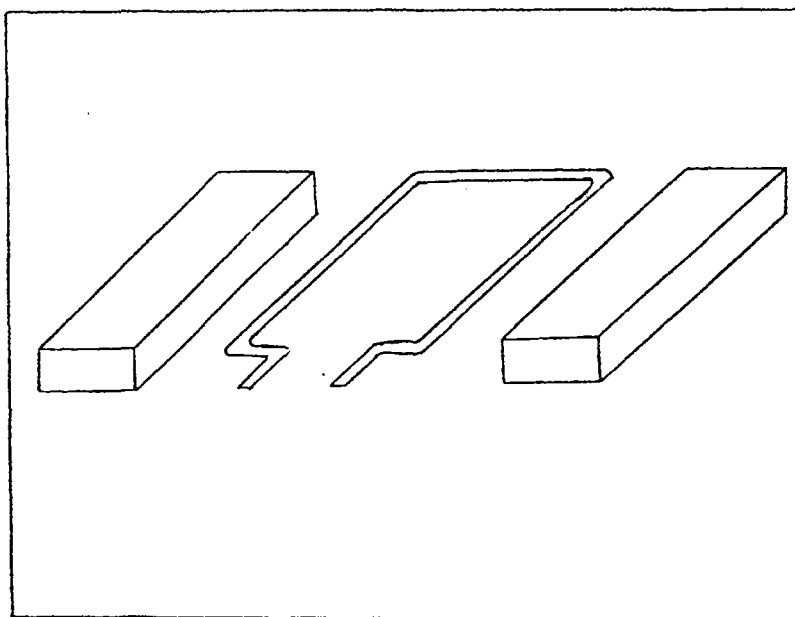
#### ตอนที่ 1

1. ต่อยจรชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์ โดยต่อวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้า DC. จากขั้วบวกอนุกรมกับแอมมิเตอร์แล้วต่อกับขั้วของมอเตอร์จากขั้วลบของไฟฟ้า DC. ไปเข้าอีกขั้วของมอเตอร์จนครบวงจร

2. ต่อยุควัดขนาดของแรงที่กระทำบนขดลวดคอปเปอร์
3. ปรับแท่งแม่เหล็กทั้งสองขั้วให้เข้าใกล้ขดลวด ห่างจากขดลวดประมาณ 5

#### มิลลิเมตร

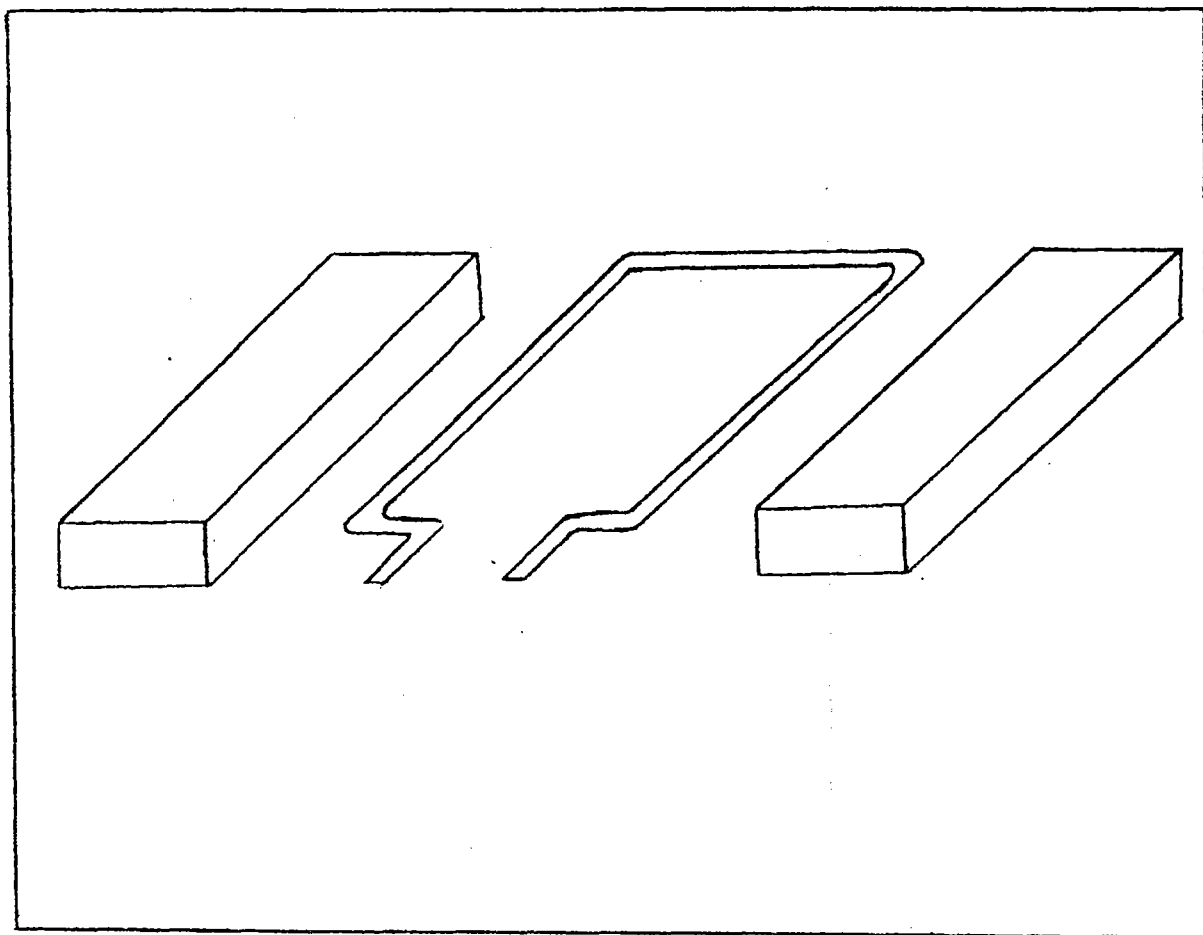
4. ต่อยุควัดขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์
5. เปิดสวิตช์ปรับ Volume ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรประมาณ 1.5 แอมแปร์
6. บันทึกขนาดของแรงจากเครื่องมือวัดขนาดของแรงและคำนวณหาค่า ความเข้มของสนามแม่เหล็กจากสูตร  $F = ILB \sin \theta$



## ตอนที่ 2

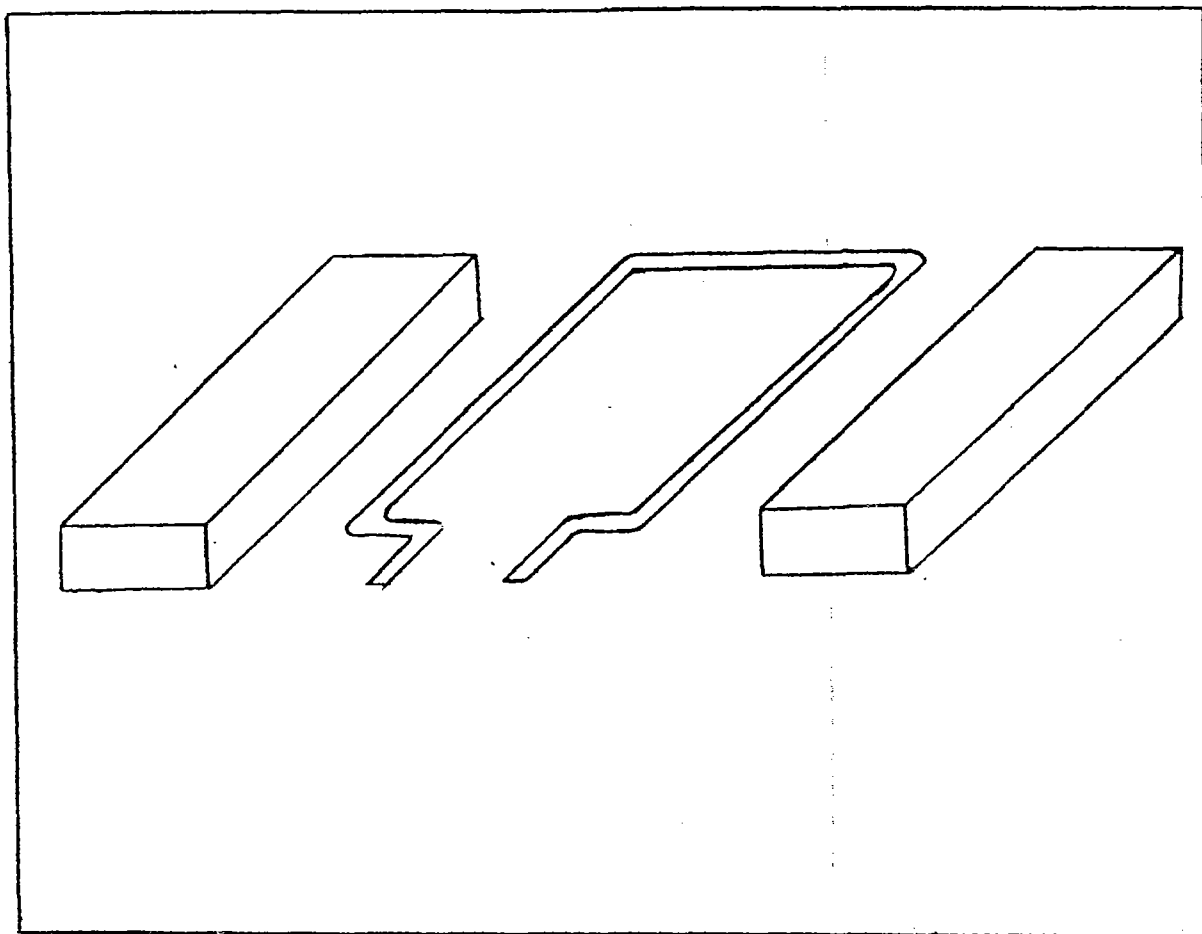
1. ปิดสวิทช์แล้วปรับแท่งแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดคอมเพเจอร์ประมาณ 10 มิลลิเมตร
2. เปิดสวิทช์ บันทึกขนาดของแรงและคำนวณหาค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก จาก

สูตร  $F = ILB \sin \theta$



**ตอนที่ 3**

1. ปิดสวิทช์แล้วปรับแท่งแม่เหล็กให้ห่างจากขดลวดเคมเจอร์ประมาณ 15 มิลลิเมตร
2. เปิดสวิทช์ บันทึกขนาดของแรงและคำนวณหาค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก



สรุป บอกความสัมพันธ์ของความเข้มของสนามแม่เหล็กกับขนาดของแรงที่กระทำ  
ต่อขดลวดเคอร์เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความยาวขดลวดเคอร์คงที่ ให้สนามแม่เหล็ก  
ทำมุม 90 องศากับทิศขดลวดเคอร์

## การทดลองที่ 6 หลักการทำงานของเซนเซอร์

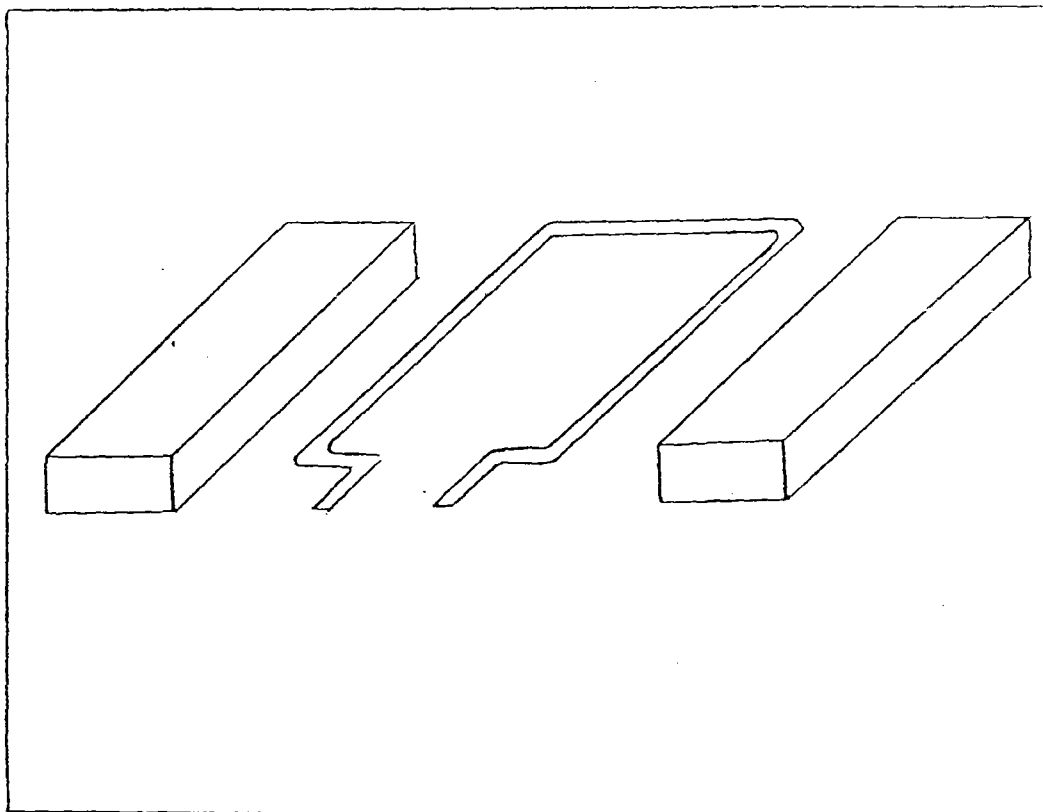
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 30 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของเซนเซอร์ได้
2. สามารถนำหลักการที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพได้

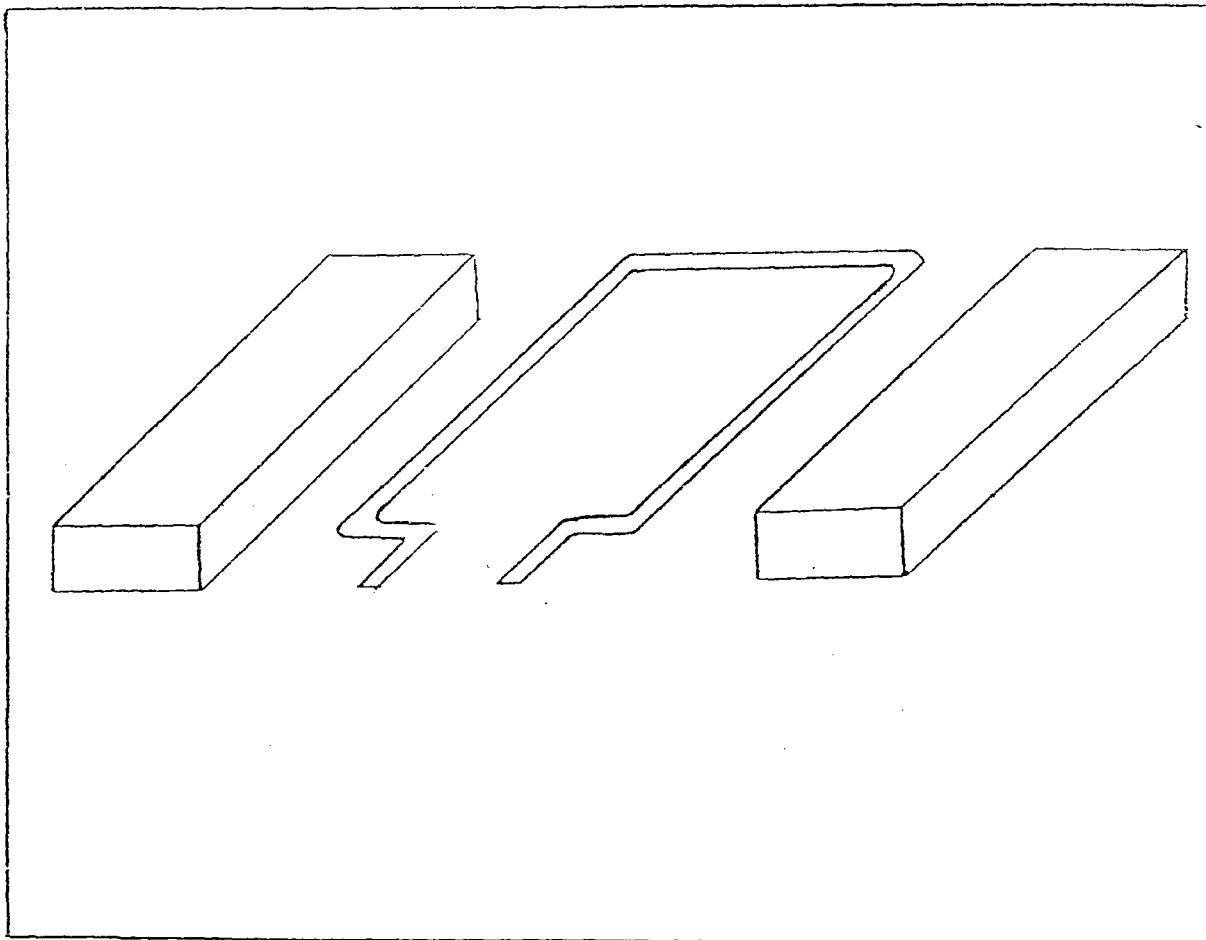
ตอนที่ 1

1. ใช้สายพานคล้องสายพานกับ पुलเลย์ของเซนเซอร์กับ पुलเลย์จับ
2. ค่อยๆ สายไฟฟ้าของเซนเซอร์อนุกรมเข้ากับมิลลิแอมมิเตอร์ให้ครบวงจร
3. หมุน पुलเลย์จับ และสังเกตเข็ม มิลลิแอมมิเตอร์ว่าเบนไปทางทิศใด
4. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางการหมุนของเซนเซอร์แทนด้วยเวกเตอร์ F
5. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางของกระแสไฟฟ้า
6. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางของสนามแม่เหล็ก
7. บันทึกภาพของเวกเตอร์ลงในใบบันทึกผล



## ตอนที่ 2

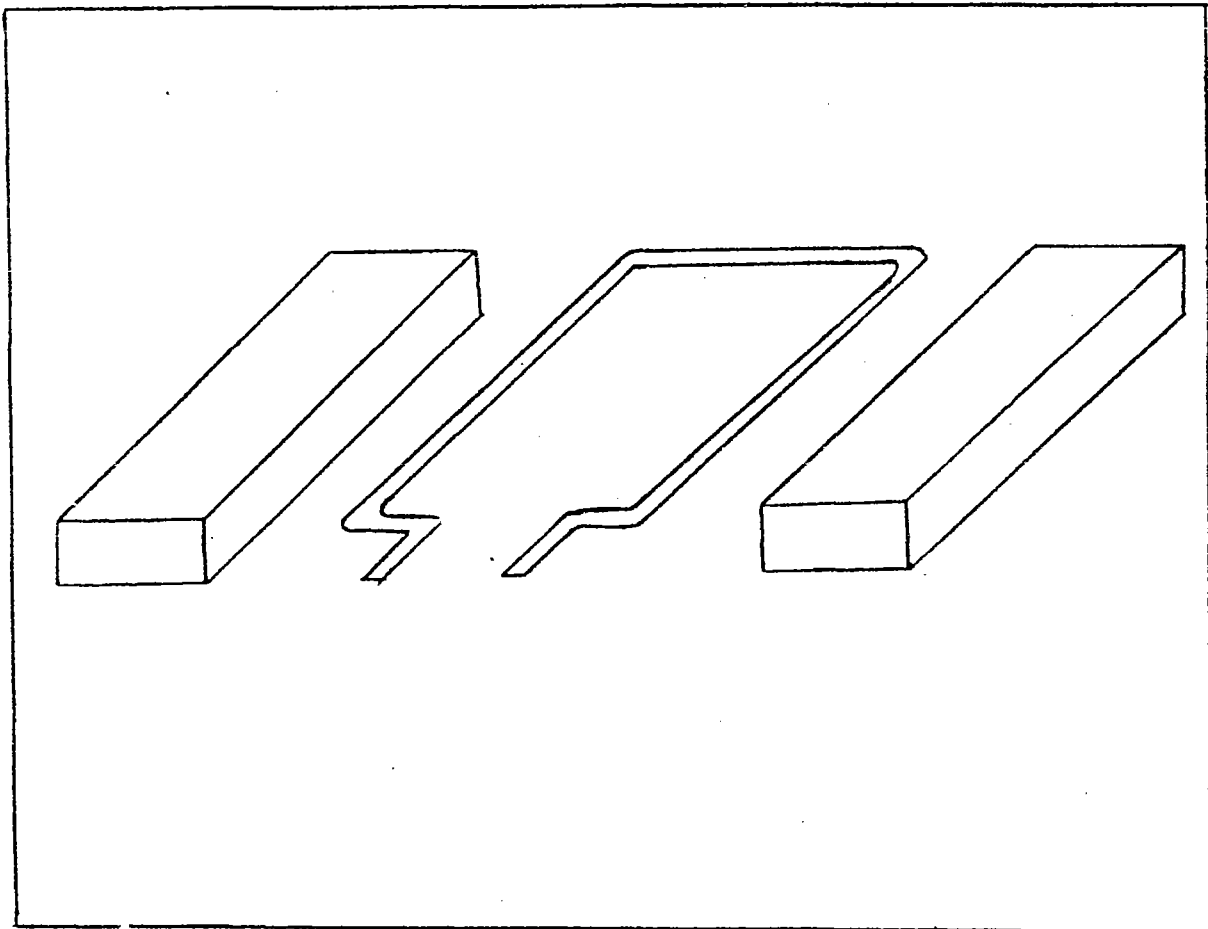
1. ใช้สายพานคล้องสายพานเข้ากับพูลเลย์ของเยนเนอเรเตอร์เข้ากับพูลเลย์ขับ
2. ต่อสายไฟฟ้าที่ขั้วของเยนเนอเรเตอร์ค่อนุกรมเข้ากับมัลติแอมมิเตอร์ให้ครบวงจร
3. ให้หมุนพูลเลย์ขับให้ทิศทางตรงกันข้ามกับการทดลองในตอนที่ 1
4. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางการหมุนของเยนเนอเรเตอร์แทนค่าแวลเกเตอร์ F
5. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศทางของกระแสไฟฟ้าบนจอภาพ
6. บังคับสวิตช์ควบคุมบอกทิศของสนามแม่เหล็ก
7. บันทึกทิศของแวลเกเตอร์ลงในใบบันทึก



สรุป ผลการทดลองถึงความสัมพันธ์ของปริมาณกระแสไฟฟ้า ,ความยาวของขดลวดคอปเปอร์ ,ความเข้มของสนามแม่เหล็กและมุมทิศของสนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอปเปอร์กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ มาเป็นสูตร  $F = ILB \sin \theta$

### ตอนที่ 3

1. ปฏิบัติการเหมือนกับตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กโดยการสลับขั้วแท่งแม่เหล็ก
2. บันทึกทิศทางของแวกเตอร์



สรุป หลักการทำงานของเยน เนอร์เตอร์ และการนำไปใช้ในวิชาชีพ

## การทดลองที่ 7 ปริมาณกระแสไฟฟ้าแปรตามความเร็วขดลวดมอเตอร์หมุนตัดสนามแม่เหล็ก

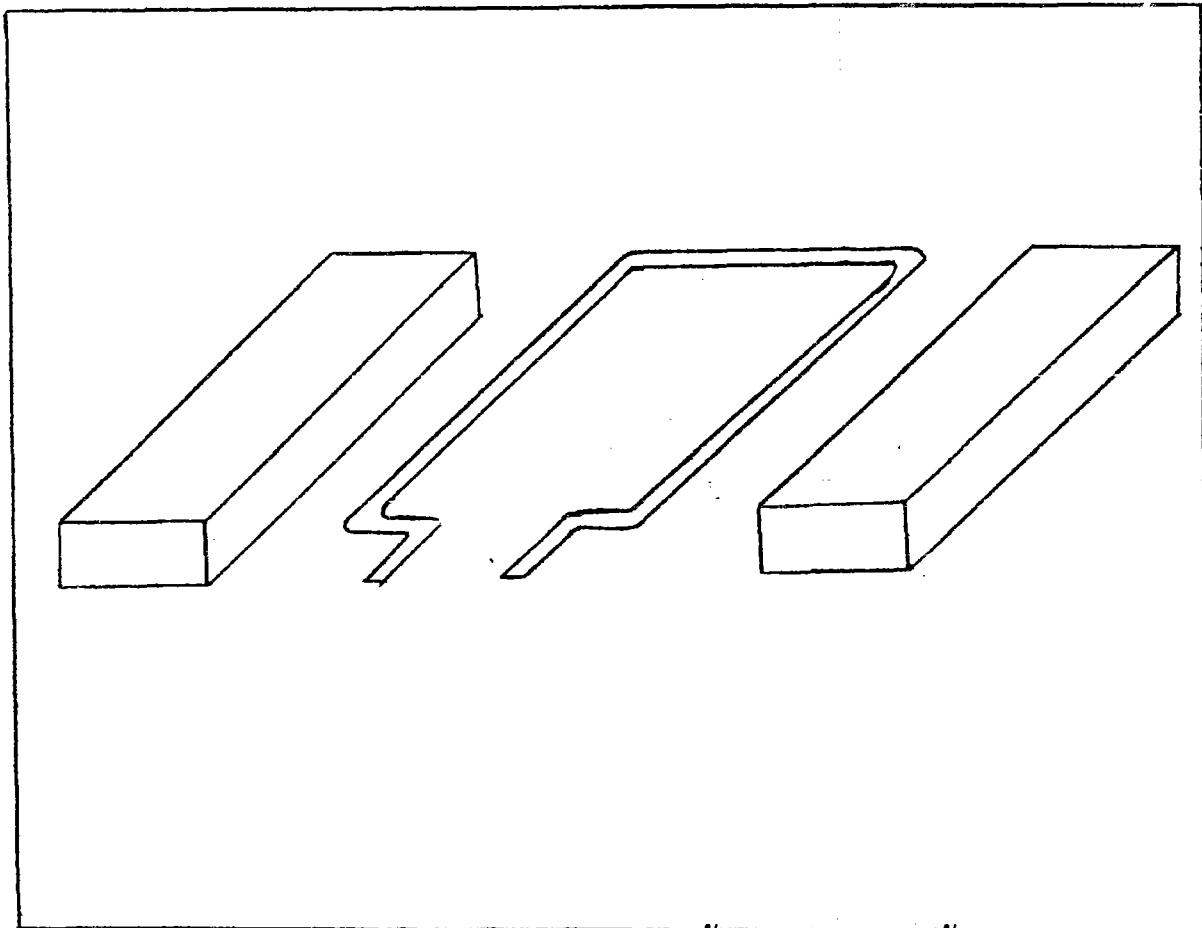
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 20 นาที

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความเร็วที่ขดลวดมอเตอร์หมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก

### ตอนที่ 1

1. คล้องสายพานเข้ากับพูลเลย์ของมอเตอร์กับพูลเลย์ขับ
2. ต่อสายไฟฟ้าที่ขั้วของมอเตอร์เข้ากับมัลติมิเตอร์
3. หมุนพูลเลย์ช้า ๆ สังเกตผลการเบนของเข็มมัลติมิเตอร์แล้วบันทึกผล
4. หมุนพูลเลย์เร็วขึ้นสังเกตผลการเบนของเข็มมัลติมิเตอร์บันทึกผล



สรุป ความสัมพันธ์ความเร็วในการหมุนกับปริมาณกระแสไฟฟ้า สามารถหาความรู้จากการทดลองหลักการ  
ทำงานของมอเตอร์ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอาชีพอย่างไร จึงออกมาเป็นข้อๆ

## ภาคผนวก ง.

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลอง  
ของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

ใบงานและแบบทดสอบสำหรับประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักการทำงานของ  
มอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

แบบสำรวจเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

## แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ไฟฟ้า- อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์

### คำชี้แจง

แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ไฟฟ้า- อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ไฟฟ้า-

อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ จำนวน 20 ข้อ

- |                                                  |   |     |
|--------------------------------------------------|---|-----|
| 1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป                         | 5 | ข้อ |
| 2. ลักษณะการใช้งาน                               | 6 | ข้อ |
| 3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม                    | 4 | ข้อ |
| 4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน | 5 | ข้อ |

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ไฟฟ้า- อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

### ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ไฟฟ้า- อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

แบบประเมินชุดนี้ แบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะกายภาพทั่วไป
2. ลักษณะการใช้งาน
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ ..... นามสกุล .....
2. ระดับการศึกษา
  - ☐ ปริญญาตรี
  - ☐ ปริญญาโท
  - ☐ ปริญญาเอก
  - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....
3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ ..... ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน
  - ตำแหน่ง .....
  - สังกัด .....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ไฟฟ้า- อิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และยานอเนกเรเตอร์

ข้อเสนอแนะในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากทดสอบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และยานอเนกเรเตอร์
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้
 

|                                 |         |   |
|---------------------------------|---------|---|
| ผลการประเมินในระดับดีมาก        | หมายถึง | 4 |
| ผลการประเมินในระดับดี           | หมายถึง | 3 |
| ผลการประเมินในระดับพอใช้        | หมายถึง | 2 |
| ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง | หมายถึง | 1 |
| ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้    | หมายถึง | 0 |

ตารางการประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

| ข้อที่ | รายละเอียด                                                              | ระดับการประเมิน |       |       |              |           |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-------|--------------|-----------|
|        |                                                                         | ดีมาก           | ดี    | พอใช้ | ต้องปรับปรุง | ใช้ไม่ได้ |
|        | <b>1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป</b>                                         |                 |       |       |              |           |
| 1      | มีความแข็งแรงทนทาน                                                      | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 2      | การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย                                   | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 3      | การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง                                           | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 4      | มีขนาดกระทัดรัด และออกแบบได้เหมาะสม                                     | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 5      | ประกอบด้วยวงจรย่อย ๆ หลายวงจร                                           | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
|        | <b>2. ลักษณะการใช้งาน</b>                                               |                 |       |       |              |           |
| 1      | การเตรียมอุปกรณ์การทดลองทำได้สะดวก                                      | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 2      | มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง ไม่เกะกะ                       | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 3      | การเชื่อมต่อวงจร ทำได้สะดวกรวดเร็ว สามารถทำงานได้ทุกวงจร                | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 4      | มีประสิทธิภาพในการทดลอง ผลการทดลองเชื่อถือได้ มีเพียงข้อผิดพลาดเล็กน้อย | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 5      | ไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรประหยัด                                                | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 6      | ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง                                             | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
|        | <b>3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม</b>                                    |                 |       |       |              |           |
| 1      | การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา                        | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 2      | การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก                                     | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 3      | อุปกรณ์มีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย                                           | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |
| 4      | การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย                                        | .....           | ..... | ..... | .....        | .....     |



**แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลองของ  
ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

**คำชี้แจง** ให้ท่านพิจารณาว่าจุดประสงค์ของการทดลองแต่ละข้อต่อไปนี้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับการทดลองที่สร้างขึ้น จริงหรือไม่ ให้ท่านพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้

- + 1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง
  - 0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง
  - 1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองไม่มีความสอดคล้องกับการทดลอง
- โปรดตอบโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน + 1 , 0 หรือ - 1 แล้วแต่กรณี

| การทดลอง                                                                                                                                                                                                                | จุดประสงค์ของการทดลอง                                                                                                                                                                                    | คะแนน |   |    | ข้อเสนอแนะ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|----|------------|
|                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                          | -1    | 0 | +1 |            |
| การทดลองที่ 1 :<br>หลักการทำงานของมอเตอร์<br>กระแสตรง                                                                                                                                                                   | 1. อธิบายกฎมือขวาของไมเคิล ฟาราเดย์ ได้ถูกต้อง                                                                                                                                                           |       |   |    |            |
|                                                                                                                                                                                                                         | 2. นำกฎมือขวาของ ฟาราเดย์ มาอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างถูกต้อง                                                                                                                     |       |   |    |            |
| การทดลองที่ 2 :<br>การหาค่าตัวแปรปริมาณกระแสไฟฟ้ากับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์เซอร์มอเตอร์ DC.เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวขดลวดคอมเมอร์เซอร์คงที่ที่มุมสนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอมเมอร์เซอร์ 90 องศา | 1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้า กับแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเมอร์เซอร์ได้เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดคอมเมอร์เซอร์คงที่ที่มุมของสนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศา กับขดลวดคอมเมอร์เซอร์ |       |   |    |            |
|                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                          |       |   |    |            |

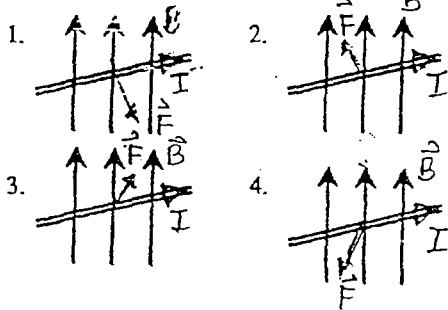
| การทดลอง                                                                                                                                                                                                        | จุดประสงค์ของการทดลอง                                                                                                                                                                              | คะแนน |   |    | ข้อเสนอแนะ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|----|------------|
|                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                    | -1    | 0 | -1 |            |
| <p><b>การทดลองที่ 3 :</b></p> <p>หาค่าตัวแปรของมุมที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์ กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดคอเมเจอร์คงที่</p>  | <p>1. บอกความสัมพันธ์ขนาดของมุมที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์กับขนาดของแรงกระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดคอเมเจอร์คงที่ได้ถูกต้อง</p> |       |   |    |            |
| <p><b>การทดลองที่ 4 :</b></p> <p>หาค่าตัวแปรของความยาวขดลวดคอเมเจอร์กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มของสนามแม่เหล็กคงที่ที่มุมของสนามแม่เหล็กทำกับขดลวดคอเมเจอร์ 90 องศา</p> | <p>1. บอกความสัมพันธ์ขนาดความยาวขดลวดคอเมเจอร์กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มสนามแม่เหล็กคงที่ ที่มุมของสนามแม่เหล็กทำกับขดลวดคอเมเจอร์ 90 องศา</p>           |       |   |    |            |
| <p><b>การทดลองที่ 5 :</b></p> <p>หาค่าตัวแปรความเข้มสนามแม่เหล็กกับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความยาวขดลวดคอเมเจอร์คงที่ ที่สนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศา กับขดลวดคอเมเจอร์</p>       | <p>1. บอกความสัมพันธ์ของความเข้มสนามแม่เหล็กกับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอเมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความยาวขดลวดคอเมเจอร์คงที่ ที่สนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศา กับขดลวดคอเมเจอร์ได้ถูกต้อง</p>    |       |   |    |            |

| การทดลอง                                                                                                                                                                                                            | จุดประสงค์ของการทดลอง                                                                                                                                                                             | คะแนน |   |    | ข้อเสนอแนะ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|----|------------|
|                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   | -1    | 0 | -1 |            |
| การทดลองที่ 6 :<br>หลักการทำงานของเซนเซอร์ D.C                                                                                                                                                                      | 1. บอกหลักการทำงานของเซนเซอร์ได้ถูกต้อง                                                                                                                                                           |       |   |    |            |
| การทดลองที่ 7 :<br>หาความสัมพันธ์ของค่าตัวแปร<br>ปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความ<br>เร็วของขดลวดมอเตอร์ เมื่อ<br>ความเข้มของสนามแม่เหล็ก<br>และความยาวขดลวดมอเตอร์<br>คงที่ ที่มุมสนามแม่เหล็กทำกับ<br>ขดลวดมอเตอร์ 90 องศา | 1. บอกความสัมพันธ์ปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความ<br>เร็วขดลวดมอเตอร์ที่มุมสนามแม่เหล็กเมื่อ<br>ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของ<br>ขดลวดมอเตอร์คงที่ ที่สนามแม่เหล็กทำมุมกับ<br>ขดลวดมอเตอร์ 90 องศา |       |   |    |            |

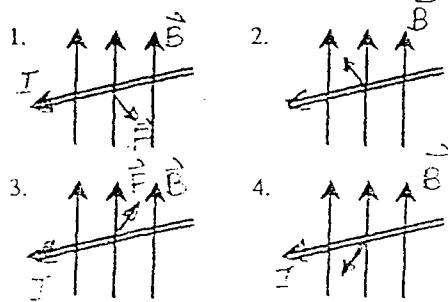
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมเรื่องหลักการทำงานของมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์

- ลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ ให้เวลา 50 นาที ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วชี้เครื่องหมายกากบาทลงในกระดาษคำตอบ

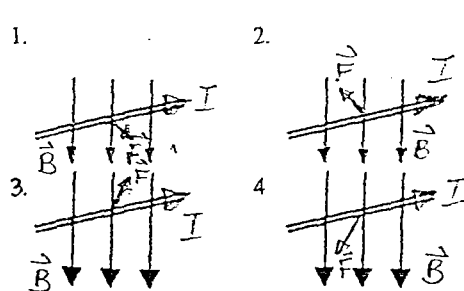
1. รูปในข้อใดเป็นไปตามผลการทดลอง



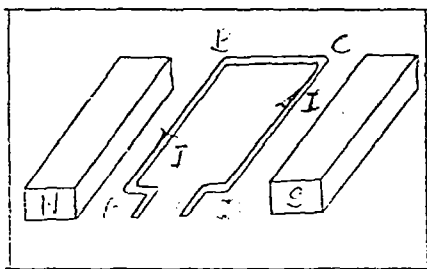
2. ข้อใดเป็นไปตามกฎมือขวาของฟาราเดย์



3. ข้อใดเป็นไปตามหลักการทำงานของมอเตอร์

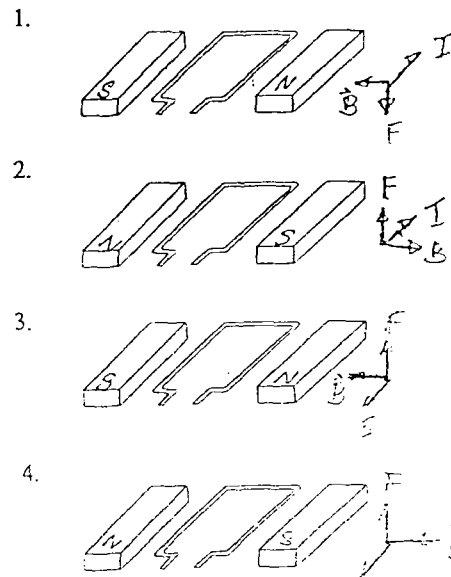


4. จากรูปขลวดคอปเปอร์ในแนวใดไม่มีแรงมากระทำ



1. AB      2. BC      3. DC      4. AB, AD

5. รูปในข้อใดตรงกับกฎของฟาราเดย์และหลักการทำงานของมอเตอร์



6. ข้อความใดถูกต้องมากที่สุด

1. มอเตอร์สตาร์ทที่ใช้ในรถยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
  2. มอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไปจะใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้
  3. มอเตอร์สตาร์ทที่ใช้ในรถยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
  4. มอเตอร์ที่ใช้กับอำนาจไฟฟ้าเป็นมอเตอร์กระแสสลับ
7. เมื่อนักเรียนต่อขั้วไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ สตาร์ทในรถยนต์สลับขั้วผลปรากฏจะเป็นไปตามข้อใด
1. มอเตอร์สตาร์ทไหม้
  2. มอเตอร์สตาร์ทหมุนตามปกติ
  3. มอเตอร์สตาร์ทไม่หมุน
  4. มอเตอร์สตาร์ทหมุนกลับทิศทาง

8. เมื่อนักเรืชนเพิ่มปริมาณกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดคอมเเจอร์ของมอเตอร์ผลจะเป็นไปตามข้อใด

1. แรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจร์น้อยลง
2. แรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจร์เท่าเดิม
3. แรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจร์มากขึ้น
4. มอเตอร์หมุนช้าลง

9. เมื่อลดความเข้มของสนามแม่เหล็กให้น้อยลง ผลของมอเตอร์เป็นไปตามข้อใด

1. มอเตอร์หมุนความเร็วรอบลดลง
2. มอเตอร์หมุนความเร็วรอบเท่าเดิม
3. มอเตอร์หมุนความเร็วรอบเพิ่มขึ้น
4. แรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจร์เพิ่มขึ้น

10. สนามแม่เหล็กทำมุมกับขดลวดคอมเเจอร์ของมอเตอร์ในข้อใดที่เกิดแรงกระทำต่อขดลวดคอมเเจอร์มากที่สุด

1. 60 องศา                      2. 75 องศา
3. 90 องศา                      4. 100 องศา

11. มอเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันสนามแม่เหล็กทำมุมกับขดลวดคอมเเจอร์กี่องศา

1. 60 องศา                      2. 80 องศา
3. 90 องศา                      4. 100 องศา

12. ขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจอร์มีความสัมพันธ์กับข้อใดมากที่สุด

1. ปริมาณกระแสไฟฟ้า
2. ความยาวขดลวดคอมเเจอร์
3. ความเข้มของสนามแม่เหล็กและมุมที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจอร์
4. ปริมาณกระแสไฟฟ้า ความยาวของขดลวดคอมเเจอร์ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และขนาดของมุมที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจอร์

13. เมื่อกำหนดให้  $F$  คือ แรงที่กระทำต่อขดลวดคอมเเจอร์ (นิวตัน)

$I$  คือ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดคอมเเจอร์ (แอมแปร์)

$B$  คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (เทสลา)

$\theta$  คือ มุมที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดคอมเเจอร์

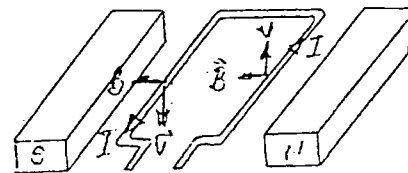
จากผลการทดลอง ความสัมพันธ์ของเวกเตอร์ที่กำหนด เป็นไปตามข้อใด

$$1. F = \frac{ILB}{\sin \theta} \quad 2. F = \frac{IB}{I \sin \theta}$$

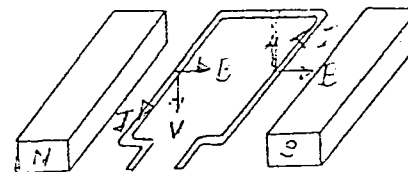
$$3. F = ILB \sin \theta \quad 4. \sin \theta = FILB$$

14. ข้อใดถูกต้องที่สุด

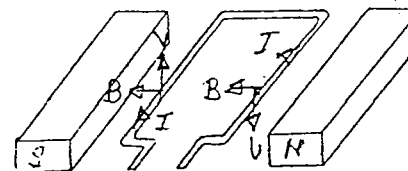
1.



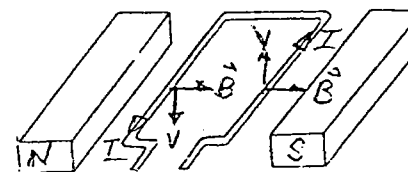
2.



3.



4.



15. เมื่อขดลวดคอเมเจอร์หมุนตัดกับสนามแม่เหล็กเร็ว  
ผลเป็นไปตามข้อใด

1. ปริมาณกระแสไฟฟ้าคงที่
2. ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าสูงขึ้น
3. ปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น
4. ปริมาณกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น

16. เซนเนอเรเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบใด

1. กระแสไฟฟ้าตรง
2. กระแสไฟฟ้าสลับ
3. กระแสไฟฟ้าตรงและกระแสไฟฟ้าสลับ
4. กระแสไฟฟ้าแรงสูง

17. บอกทิศทางการเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าได้ตามข้อใด

1. จากทิศทางการหมุนของขดลวดคอเมเจอร์
2. จากทิศของสนามแม่เหล็ก
3. ความเร็วในการหมุนของขดลวดคอเมเจอร์
4. คูจากการเบนของเข็มแอมมิเตอร์

18. ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามากที่สุดเมื่อขดลวดคอเมเจอร์ทำมุมกับสนามแม่เหล็กในข้อใด

1. 0 องศา
2. 90 องศา
3. 180 องศา
4. 200 องศา

19. เมื่อต้องการจะผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้นควรปฏิบัติตามข้อใด

1. ปรับรอบการหมุนของขดลวดคอเมเจอร์ให้สูง
2. ปรับรอบการหมุนของขดลวดคอเมเจอร์ให้ลดลง
3. กลับทิศทางการหมุนขดลวดคอเมเจอร์
4. นำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อขนาน

20. เมื่อต้องการจะสร้างเซนเนอเรเตอร์ให้ผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าได้มากแต่แรงเคลื่อนต่ำควรปฏิบัติตามข้อใด

1. ใช้ขดลวดคอเมเจอร์ขนาดใหญ่
2. ใช้สนามแม่เหล็กขนาดใหญ่
3. ใช้ขดลวดคอเมเจอร์ขนาดเล็ก
4. ใช้สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มมากและขดลวดคอเมเจอร์ขนาดเล็กพันจำนวนรอบให้มาก

แบบสำรวจเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

คำชี้แจง แบบสำรวจ ฉบับนี้ต้องการความคิดเห็น หรือความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ ขอให้ผู้ตอบแบบสำรวจอ่านข้อความแต่ละข้ออย่างละเอียด เพื่อพิจารณาตามความคิดเห็นว่ามีความรู้สึกอย่างไร ให้เขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องตรงกับความคิดเห็นเพียงคำตอบเดียว

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                                                   | ความคิดเห็นหรือความรู้สึก |              |              |                 |                          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------------|
|        |                                                                                                                                           | เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง     | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 1      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ |                           |              |              |                 |                          |
| 2      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ไม่น่าสนใจ                                                                        |                           |              |              |                 |                          |
| 3      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและวิชาชีพ                                    |                           |              |              |                 |                          |
| 4      | อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์สามารถจดจำได้ง่าย                                                        |                           |              |              |                 |                          |
| 5      | ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์มีความแข็งแรงทนทาน                                                                          |                           |              |              |                 |                          |
| 6      | รู้สึกสนุกสนาน เพลิดเพลิน ในขณะที่ทำการทดลองชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์                                                |                           |              |              |                 |                          |
| 7      | การทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์เกิดความกังวลใจ                                                                             |                           |              |              |                 |                          |
| 8      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ซ้ำซาก น่าเบื่อหน่าย                                                              |                           |              |              |                 |                          |
| 9      | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์ยากเกินไป                                                                         |                           |              |              |                 |                          |
| 10     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์แต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ                                                       |                           |              |              |                 |                          |

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                                              | ความคิดเห็นหรือความรู้สึก |              |              |                 |                          |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------------|
|        |                                                                                                                      | เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง     | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 11     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง                    |                           |              |              |                 |                          |
| 12     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้และค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง                |                           |              |              |                 |                          |
| 13     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาเกี่ยวกับมอเตอร์และเซนเซอร์เพิ่มขึ้น |                           |              |              |                 |                          |
| 14     | ขณะที่ทำการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ รู้สึกไม่เคร่งเครียด                                     |                           |              |              |                 |                          |
| 15     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ มีความยาก - ง่ายพอเหมาะกับความสามารถของผู้เรียน                  |                           |              |              |                 |                          |
| 16     | การเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ทำให้จดจำเนื้อหาได้ดี                                  |                           |              |              |                 |                          |
| 17     | ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้                    |                           |              |              |                 |                          |
| 18     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ทำให้ได้รับการฝึก การใช้ความคิดของตนเอง                          |                           |              |              |                 |                          |
| 19     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ทำให้รู้สึกตื่นเต้น                                              |                           |              |              |                 |                          |
| 20     | ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้สามารถประดิษฐ์มอเตอร์และเซนเซอร์ได้ ✓     |                           |              |              |                 |                          |

| ข้อที่ | ข้อความ                                                                                         | ความคิดเห็นหรือความรู้สึก |              |              |                 |                          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------------|
|        |                                                                                                 | เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง     | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 21     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้จึกค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง         |                           |              |              |                 |                          |
| 22     | การทดลองของชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ เหมาะสมกับเนื้อหาของการทดลอง               |                           |              |              |                 |                          |
| 23     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้เกิดความรู้ถึงกระตือรือร้นในการเรียน |                           |              |              |                 |                          |
| 24     | ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรักในการเรียนวิทยาศาสตร์       |                           |              |              |                 |                          |
| 25     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้กล้าแสดงความคิดเห็น                  |                           |              |              |                 |                          |
| 26     | การเรียนโดยใช้ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์                |                           |              |              |                 |                          |
| 27     | ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิดแก้ปัญหาตลอดเวลา             |                           |              |              |                 |                          |
| 28     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์         |                           |              |              |                 |                          |
| 29     | ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ เป็นการให้ประสบการณ์ตรง                               |                           |              |              |                 |                          |
| 30     | รู้สึกปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์                      |                           |              |              |                 |                          |
| 31     | การทดลองในชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้มีโอกาสใช้ความสามารถที่มีอยู่        |                           |              |              |                 |                          |
| 32     | ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และเซนเซอร์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง       |                           |              |              |                 |                          |

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม .....

ภาคผนวก จ.

คำสถิติเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาของการทดลองของ  
ชุดทดลองหลักการทำงานของมอเตอร์และย่นเนอเรเตอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

| การทดลอง                                                                                                                                                                                                                         | จุดประสงค์ของการทดลอง                                                                                                                                                                                                     | การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   |   |   |   | ค่า IC |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                           | 1                         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |        |
| การทดลองที่ 1 :<br>หลักการทำงานของมอเตอร์<br>กระแสตรง                                                                                                                                                                            | 1. อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ถูกต้อง                                                                                                                                                                                 | 1                         | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.00   |
|                                                                                                                                                                                                                                  | 2. นำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้กับวิชาชีพได้                                                                                                                                                                                 | 1                         | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.85   |
| การทดลองที่ 2 :<br>การหาค่าตัวแปรปริมาณกระแส<br>ไฟฟ้ากับขนาดของแรงที่กระทำ<br>ต่อขดลวดคอปเปอร์มอเตอร์ DC.<br>เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็ก<br>และความยาวขดลวดคอปเปอร์<br>คงที่ที่มุมสนามแม่เหล็กกระทำ<br>ต่อขดลวดคอปเปอร์ 90 องศา | 1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้า<br>กับแรงที่มากกระทำต่อขดลวดคอปเปอร์ของมอ<br>เตอร์ได้เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กและ<br>ความยาวของขดลวดคอปเปอร์คงที่ที่มุมของ<br>สนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศา กับขดลวด<br>คอปเปอร์ | 1                         | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.00   |
| การทดลองที่ 3 :<br>หาค่าตัวแปรของมุมที่สนามแม่<br>เหล็กกระทำต่อขดลวดคอปเปอร์<br>กับขนาดของแรงที่กระทำต่อ<br>ขดลวดคอปเปอร์เมื่อปริมาณกระ<br>แสไฟฟ้าความเข้มของสนามแม่<br>เหล็กและความยาวของขดลวด<br>คอปเปอร์คงที่                 | 1. บอกความสัมพันธ์ขนาดของมุมที่สนามแม่เหล็ก<br>กระทำต่อขดลวดคอปเปอร์กับขนาดของแรงกระทำ<br>ต่อขดลวดคอปเปอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้า<br>ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของ<br>ขดลวดคอปเปอร์คงที่ได้ถูกต้อง                  | 1                         | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.71   |

| การทดลอง                                                                                                                                                                                              | จุดประสงค์ของการทดลอง                                                                                                                                                                    | การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |   |   |   |   |   |   | ค่า IC |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|--------|
|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                          | 1                         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |        |
| <b>การทดลองที่ 4 :</b><br>หาค่าตัวแปรของความยาวขดลวดเคมเจอร์กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดเคมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มของสนามแม่เหล็กคงที่ ที่มุมของสนามแม่เหล็กทำกับขดลวดเคมเจอร์ 90 องศา   | 1. บอกความสัมพันธ์ขนาดความยาวขดลวดเคมเจอร์กับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดเคมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความเข้มของสนามแม่เหล็กคงที่ ที่มุมของสนามแม่เหล็กทำกับขดลวดเคมเจอร์ 90 องศา        | 1                         | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.00   |
| <b>การทดลองที่ 5 :</b><br>หาค่าตัวแปรความเข้มสนามแม่เหล็กกับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดเคมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความยาวขดลวดเคมเจอร์คงที่ ที่สนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศา กับขดลวดเคมเจอร์           | 1. บอกความสัมพันธ์ของความเข้มสนามแม่เหล็กกับขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดเคมเจอร์ เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าความยาวขดลวดเคมเจอร์คงที่ ที่สนามแม่เหล็กทำมุม 90 องศา กับขดลวดเคมเจอร์ได้ถูกต้อง    | 1                         | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.00   |
| <b>การทดลองที่ 6 :</b><br>หลักการทำงานของเอนเนอเรเตอร์ D.C                                                                                                                                            | 1. บอกหลักการทำงานของเอนเนอเรเตอร์ได้ถูกต้อง                                                                                                                                             | 1                         | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.85   |
| <b>การทดลองที่ 7 :</b><br>หาความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความเร็วของขดลวดเคมเจอร์ เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวขดลวดเคมเจอร์คงที่ ที่มุมสนามแม่เหล็กทำกับขดลวดเคมเจอร์ 90 องศา | 1. บอกความสัมพันธ์ปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความเร็วขดลวดเคมเจอร์ที่หมุนตัดสนามแม่เหล็กเมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของขดลวดเคมเจอร์คงที่ ที่สนามแม่เหล็กทำมุมกับขดลวดเคมเจอร์ 90 องศา | 1                         | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.00   |

สรุป การทดลองทั้ง 7 การทดลอง มีค่า IC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.71) ทุกการทดลอง

ตาราง 10 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลักการทำงานของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ข้อที่ | p    | r    | ข้อที่ | p    | r    |
|--------|------|------|--------|------|------|
| 1      | 0.68 | 0.21 | 11     | 0.61 | 0.43 |
| 2      | 0.59 | 0.23 | 12     | 0.69 | 0.39 |
| 3      | 0.38 | 0.35 | 13     | 0.41 | 0.49 |
| 4      | 0.54 | 0.34 | 14     | 0.67 | 0.33 |
| 5      | 0.69 | 0.3  | 15     | 0.33 | 0.25 |
| 6      | 0.49 | 0.41 | 16     | 0.26 | 0.69 |
| 7      | 0.55 | 0.45 | 17     | 0.38 | 0.43 |
| 8      | 0.58 | 0.41 | 18     | 0.57 | 0.35 |
| 9      | 0.44 | 0.31 | 19     | 0.4  | 0.31 |
| 10     | 0.33 | 0.53 | 20     | 0.48 | 0.52 |

ตาราง 11 แสดงค่า  $p$ ,  $q$  และ  $pq$  ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลักการทำงาน  
ของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ข้อที่ | $p$  | $q$  | $pq$ | ข้อที่ | $p$  | $q$  | $pq$ |
|--------|------|------|------|--------|------|------|------|
| 1      | 0.67 | 0.33 | 0.22 | 11     | 0.62 | 0.38 | 0.24 |
| 2      | 0.54 | 0.46 | 0.45 | 12     | 0.67 | 0.33 | 0.22 |
| 3      | 0.37 | 0.63 | 0.23 | 13     | 0.5  | 0.5  | 0.25 |
| 4      | 0.48 | 0.52 | 0.25 | 14     | 0.7  | 0.3  | 0.21 |
| 5      | 0.72 | 0.28 | 0.2  | 15     | 0.33 | 0.67 | 0.22 |
| 6      | 0.49 | 0.51 | 0.25 | 16     | 0.32 | 0.68 | 0.22 |
| 7      | 0.54 | 0.46 | 0.25 | 17     | 0.41 | 0.59 | 0.24 |
| 8      | 0.58 | 0.42 | 0.24 | 18     | 0.68 | 0.32 | 0.22 |
| 9      | 0.45 | 0.55 | 0.25 | 19     | 0.41 | 0.59 | 0.24 |
| 10     | 0.45 | 0.55 | 0.25 | 20     | 0.52 | 0.48 | 0.25 |

ตาราง 12 ค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดทดลองหลักการทำงานของ  
ของมอเตอร์และเยนเนอเรเตอร์

| ข้อที่ | กลุ่มสูง  |       | กลุ่มต่ำ  |       | t     |
|--------|-----------|-------|-----------|-------|-------|
|        | $\bar{X}$ | S     | $\bar{X}$ | S     |       |
| 1      | 4.48      | 0.260 | 4.00      | 0.000 | 46.15 |
| 2      | 4.52      | 0.260 | 3.88      | 0.276 | 2.22  |
| 3      | 4.40      | 0.500 | 3.44      | 0.506 | 1.82  |
| 4      | 4.64      | 0.240 | 4.04      | 0.290 | 2.00  |
| 5      | 4.76      | 0.190 | 3.92      | 0.326 | 2.51  |
| 6      | 4.80      | 0.166 | 3.96      | 0.123 | 6.46  |
| 7      | 4.72      | 0.210 | 3.96      | 0.290 | 2.54  |
| 8      | 4.52      | 0.426 | 3.96      | 0.290 | 1.82  |
| 9      | 4.48      | 0.260 | 3.80      | 0.166 | 3.84  |
| 10     | 4.64      | 0.240 | 4.04      | 0.040 | 12.09 |
| 11     | 4.60      | 0.250 | 3.92      | 0.160 | 4.00  |
| 12     | 4.56      | 0.256 | 3.68      | 0.393 | 2.18  |
| 13     | 4.32      | 0.476 | 3.60      | 0.333 | 2.04  |
| 14     | 3.96      | 0.373 | 3.12      | 0.276 | 2.88  |
| 15     | 4.56      | 0.256 | 3.88      | 0.360 | 1.83  |
| 16     | 4.68      | 0.226 | 4.20      | 0.166 | 2.73  |
| 17     | 4.80      | 0.166 | 4.12      | 0.360 | 1.85  |
| 18     | 4.56      | 0.256 | 3.16      | 0.640 | 2.15  |
| 19     | 4.60      | 0.333 | 4.08      | 0.243 | 2.02  |
| 20     | 4.48      | 0.593 | 4.08      | 0.076 | 3.98  |
| 21     | 4.20      | 0.333 | 3.40      | 0.416 | 1.86  |
| 22     | 4.76      | 0.190 | 3.88      | 0.276 | 3.09  |
| 23     | 4.28      | 0.293 | 3.84      | 0.223 | 1.87  |
| 24     | 4.12      | 0.360 | 3.88      | 0.110 | 1.92  |
| 25     | 4.68      | 0.226 | 4.08      | 0.243 | 2.37  |
| 26     | 4.68      | 0.226 | 3.68      | 0.226 | 4.24  |
| 27     | 4.44      | 0.256 | 3.80      | 0.166 | 3.61  |

ตาราง 12 (ต่อ)

| ข้อที่ | กลุ่มสูง  |       | กลุ่มต่ำ  |       | t    |
|--------|-----------|-------|-----------|-------|------|
|        | $\bar{X}$ | S     | $\bar{X}$ | S     |      |
| 28     | 4.68      | 0.226 | 4.00      | 0.083 | 7.35 |
| 29     | 4.92      | 0.076 | 4.12      | 0.193 | 4.07 |
| 30     | 4.64      | 0.240 | 4.04      | 0.290 | 2.00 |
| 31     | 4.56      | 0.256 | 3.60      | 0.500 | 1.88 |
| 32     | 4.40      | 0.083 | 3.96      | 0.206 | 2.09 |

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล                      นายมงคล                      จงสุพรรณพงศ์  
วัน เดือน ปี เกิด              16 มีนาคม 2493  
สถานที่เกิด                      9 หมู่ที่ 4 ตำบลลำพระยา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา  
สถานที่อยู่ปัจจุบัน              169/26 ซอยสมุทรมาลี 1 ตำบลบางพิง  
                                         อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ  
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน    หัวหน้าแผนกวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม  
                                         เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ โทร.411-1331 ต่อ 2064

ประวัติการศึกษา

|          |                                                                                                 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| พ.ศ.2521 | ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง (ป.กศ. สูง)<br>วิทยาลัยครูธนบุรี กรุงเทพฯ                      |
| พ.ศ.2525 | การศึกษามัธยมศึกษา (กศ.บ.) วิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ชลบุรี              |
| พ.ศ.2543 | การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) วิทยาศาสตร์ศึกษา<br>สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |