การทดลอง 22

การค้นพบของเออร์สเตด กฎของฟาราเดย์และเลนส์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านว่าเป็นไปตามการค้นพบของเออร์สเตดหรือไม่
2. ศึกษาการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและทิศทางในขดลวดอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กบนพื้นที่หน้าตัดของขดลวดว่าเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์และเลนส์หรือไม่
3. ศึกษาหลักการทำงานของทรานสฟอร์เมอร์

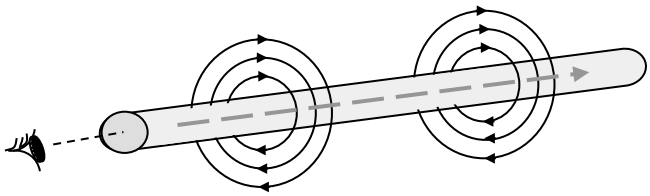
อุปกรณ์

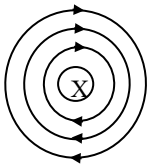
1. ชุดการทดลองของเออร์สเตด
2. เข็มทิศเล็ก 4 อัน
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ 0-10 A 1 เครื่อง และ 0-20 V 1 เครื่อง
4. กัลวานอมิเตอร์แบบมีสเกลศูนย์อยู่ตรงกึ่งกลาง
5. ขดลวด 2 ขด
6. แท่งแม่เหล็กถาวร
7. แท่งเหล็กอ่อน
8. สายไฟ

ทฤษฎี

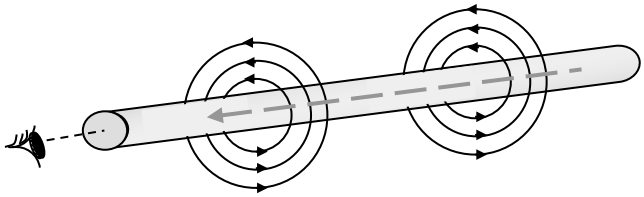
การค้นพบของเออร์สเตดและกฎของแอมแปร์

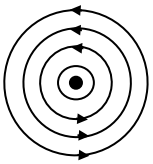
เออร์สเตด เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่พบว่า ทุกครั้งที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำที่ยาวมากๆ จะเกิดมีสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ เส้นลวดตัวนำนั้น โดยมีลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กเป็นวงกลมล้อมรอบเส้นลวดตัวนำ ดังรูปที่ 1





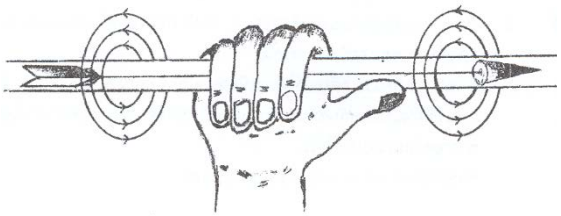
เมื่อมองทางด้านนี้จะเห็นดังรูป 1.1 **รูป 1.1**





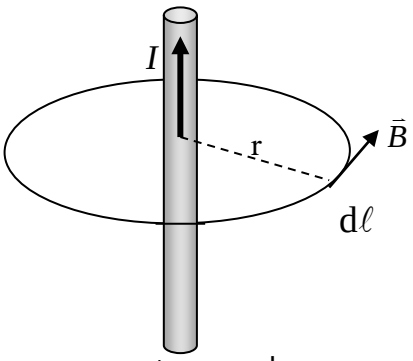
เมื่อมองทางด้านนี้จะเห็นดังรูป 1.2 **รูป 1.2**

รูปที่ 1 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน



รูปที่ 2 กฎมือขวา ใช้กับลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

จากรูปที่ 2 ทิศทางของสนามแม่เหล็กหาได้โดย **กฎมือขวา** ที่กล่าวว่า “**ถ้าเอามือขวาจับลวดตัวนำ โดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ไปทางเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในเส้นลวด แล้วนิ้วทั้งสี่ที่กำรอบเส้นลวดนั้นจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบลวดตัวนำ**”



รูปที่ 3 การหาขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของเส้นลวดเป็นระยะ r

สำหรับขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กหาได้จาก **กฎของแอมแปร์** ที่กล่าวว่า “**ผลคูณของความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะทางในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กตามเส้นทางปิด มีค่าเท่ากับผลคูณของค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็กในสุญญากาศ กับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดภายในเส้นทางปิด**” ซึ่งพิจารณาจากรูปที่ 3 สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

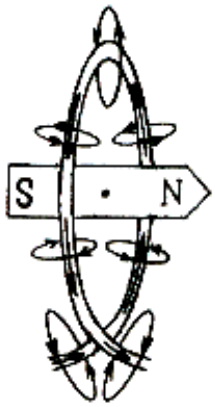
$$\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 i$$

ดังนั้นค่าความเข้มสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวดตัวนำที่ระยะทาง r จากแกนกลางของเส้นลวดตัวนำจึงมีค่าดังนี้

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

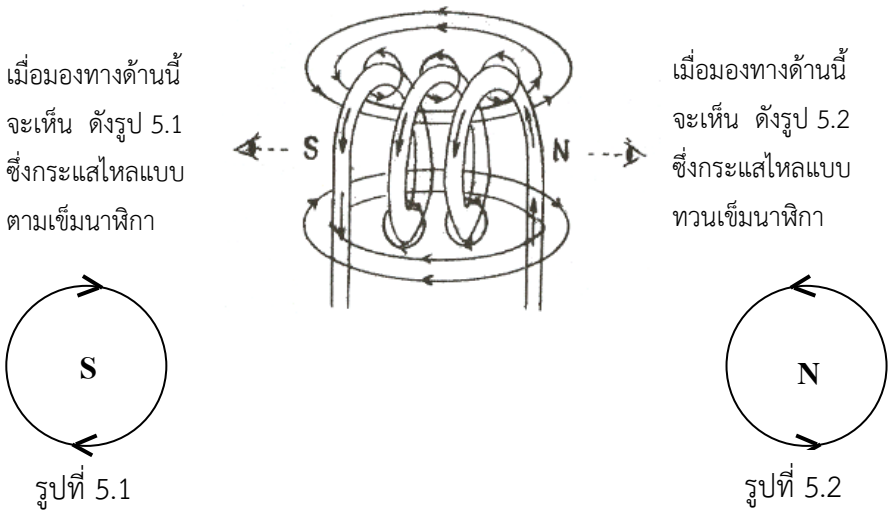
สนามแม่เหล็กของวงขดลวดหรือคอยล์

เมื่อนำเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มาขดเป็นวงก็จะพบว่ามีเส้นแรงแม่เหล็กวิ่งออกจากข้างหนึ่งของวงขดลวด และวิ่งกลับคืนมาเข้าอีกข้างหนึ่งของวงขดลวด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 สนามแม่เหล็กของวงขดลวด

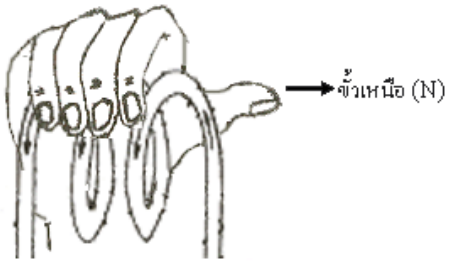
แสดงว่า ขดลวดวงหนึ่งๆ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะผลิตสนามแม่เหล็กน้อยๆ ขึ้นโดยมีทั้งขั้วเหนือ (คือข้างที่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออก) และขั้วใต้ (คือข้างที่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งเข้า) หากต้องการสร้างสนามแม่เหล็กให้มีค่าความเข้มสูงๆ ด้วยขดลวดทำได้โดยพันขดลวดหลายๆ รอบ ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเรียกว่า **คอยล์**



รูปที่ 5 สนามแม่เหล็กในขดลวด

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละวงจะเสริมกัน และน่าสังเกตว่าเส้นแรงแม่เหล็ก ณ จุดระหว่างขดลวดแต่ละวงนั้นจะต้านกันหมดไปพอดี ผลก็คือ ขดลวดขดนี้จึงประพฤติตัวเสมือนเป็นแท่งแม่เหล็กกำลังสูงแท่งหนึ่ง โดยมีปลายข้างหนึ่งเป็นขั้วเหนือ (คือ ปลายข้างที่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออก หรือ ถ้ามองเข้าหาปลายด้านนี้กระแสจะไหลแบบทวนเข็มนาฬิกา) ส่วนอีกปลายหนึ่งเป็นขั้วใต้ (คือ ปลายข้างที่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งเข้า หรือ ถ้ามองเข้าหาปลายด้านนี้ กระแสจะไหลแบบตามเข็มนาฬิกา)

จากลักษณะสนามแม่เหล็กของขดลวดนี้ สามารถใช้**กฎมือขวา**ได้ ซึ่งกล่าวว่า “**ถ้าใช้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปในทิศทางเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด แล้วนิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปทางขั้วเหนือของสนามแม่เหล็กของขดลวด**” ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กฎมือขวาที่ใช้กับขดลวด

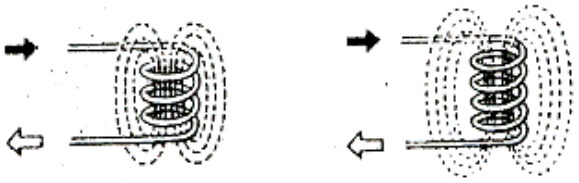
การเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กของขดลวด

การเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กของขดลวด สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

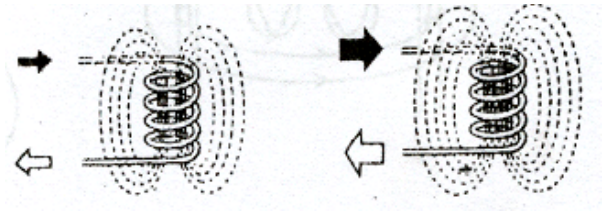
(1) โดยการเพิ่มจำนวนรอบของขดลวด (ดังรูปที่ 7.1)

(2) โดยการเพิ่มปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด (ดังรูปที่ 7.2)

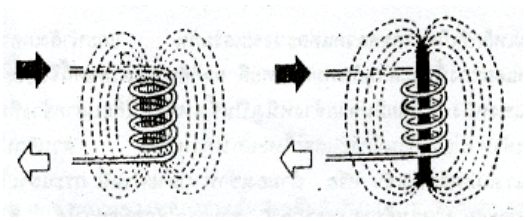
(3) โดยการใช้แกนเหล็กใส่ตรงกลางขดลวด (ดังรูปที่ 7.3)



รูปที่ 7.1 เพิ่มรอบขดลวดเท่ากับเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก



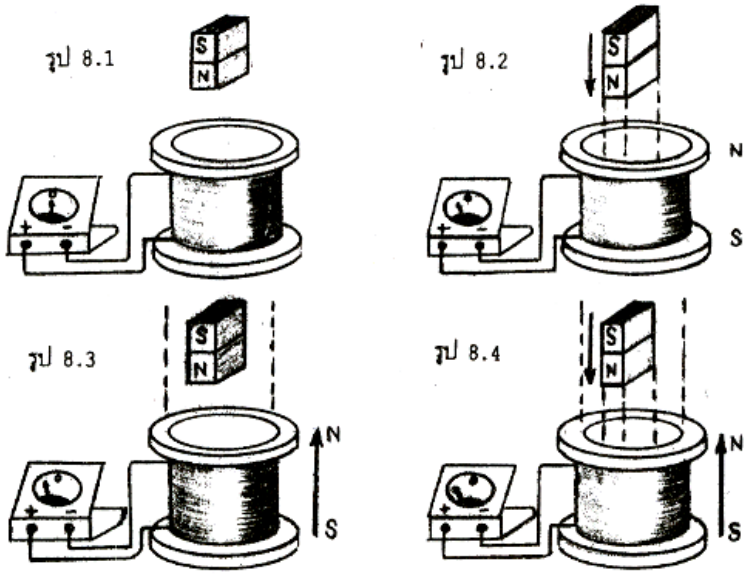
รูปที่ 7.2 เพิ่มกระแสเท่ากับเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 7.3 เติมแกนเหล็กไว้ที่กลางขดลวดความเข้มของสนามแม่เหล็กจะสูงขึ้นมาก

รูปที่ 7 การเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กของขดลวด 3 วิธี

กฎของฟาราเดย์และเลนส์



รูปที่ 8 การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจร เมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ ขดลวดเคลื่อนที่ หรือทั้งสองอย่าง

เมื่อนำขดลวดต่อเป็นวงจรกับกัลวานอมิเตอร์ โดยมีแท่งแม่เหล็กอยู่ด้านบน ดังรูปที่ 8.1 ในขณะที่ทั้งขดลวดและแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง เข็มกัลวานอมิเตอร์จะไม่มีการกระดิก แสดงว่าไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจร แต่จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจรต่อเมื่อ

กรณี 1 แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ (ดังรูปที่ 8.2)

กรณี 2 ขดลวดเคลื่อนที่ (ดังรูปที่ 8.3)

กรณี 3 ทั้งแท่งแม่เหล็กและขดลวดต่างก็เคลื่อนที่ทั้งคู่ (ดังรูปที่ 8.4)

ซึ่งการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจรทั้ง 3 กรณีนั้น **ฟาราเดย์** พบว่า **เป็นเพราะเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง**

การเพิ่มขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด

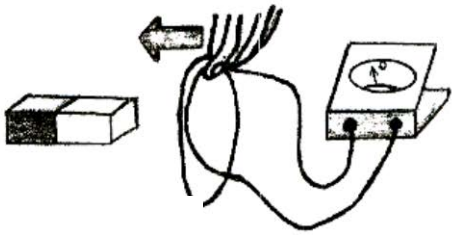
เรื่องการเพิ่มขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจรฟาราเดย์พบว่ามี 2 วิธี ดังนี้

(1) เพิ่มจำนวนรอบของขดลวด (ดังรูปที่ 9.2)

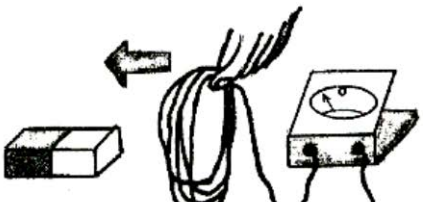
(2) เพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดซึ่งสามารถทำได้ 2 แบบย่อย ดังนี้

2.1 เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของขดลวด หรือแท่งแม่เหล็ก หรือทั้งสองอย่าง ในขณะที่ความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่ (ดังรูปที่ 9.3)

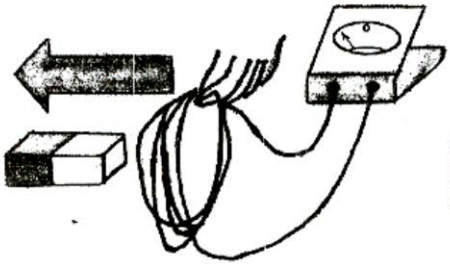
2.2 เพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก ในขณะที่ความเร็วของการเคลื่อนที่ของขดลวดหรือแท่งแม่เหล็ก หรือทั้งสองอย่างคงที่ (ดังรูปที่ 9.4)



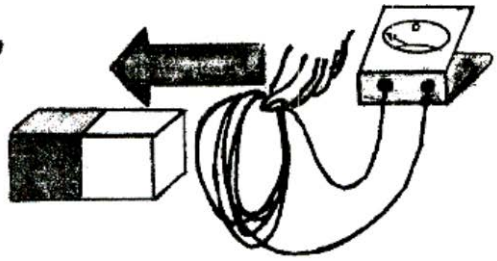
รูปที่ 9.1



รูปที่ 9.2 เพิ่มจำนวนรอบของขดลวด



รูปที่ 9.3 เพิ่มความเร็วของขดลวด



รูปที่ 9.4 เพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 9 การเพิ่มขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด

ฟาราเดย์จึงสรุปเป็นสมการได้ว่า

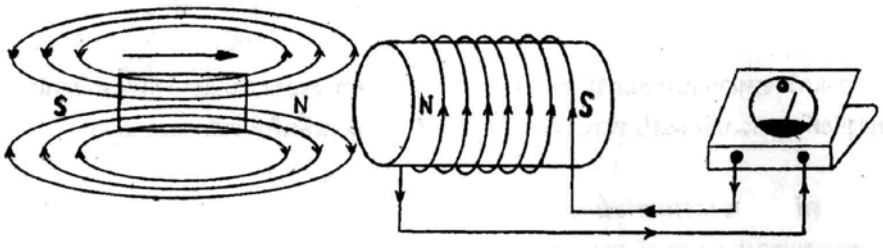
$$\varepsilon = N\left(\frac{d\phi_B}{dt}\right)$$

เมื่อ ε คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

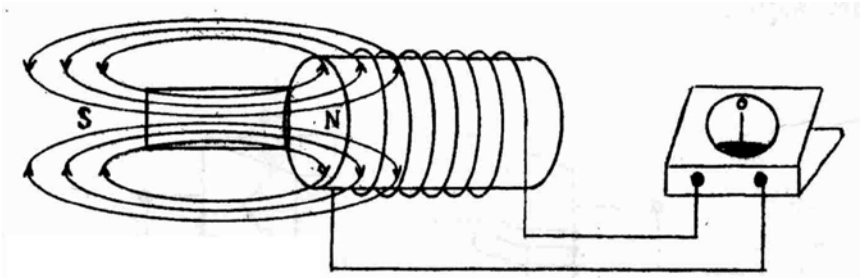
N คือ จำนวนรอบของขดลวด

$\frac{d\phi_B}{dt}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

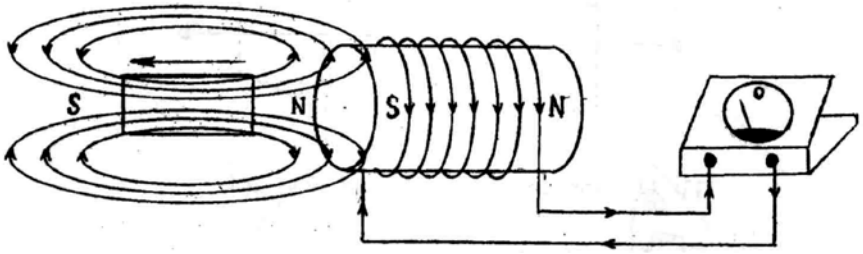
ส่วนทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดนั้น **เลนส์** พบว่า “**ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะมีทิศทางซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้านการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด**” ซึ่งความหมายของคำว่า “**ต้านการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด**” สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 10.1 แท่งแม่เหล็กกำลังพุ่งเข้า



รูปที่ 10.2 แท่งแม่เหล็กหยุดเคลื่อนที่



รูปที่ 10.3 แท่งแม่เหล็กกำลังพุ่งออก

รูปที่ 10 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้านการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

ตามรูปที่ 10.1 ถ้าพุ่งขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวด จะทำให้จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดเพิ่มขึ้น จึงเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวด ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลในขดลวด จึงทำให้ขดลวดประพฤติตัวเสมือนเป็นแท่งแม่เหล็กอีกอันหนึ่ง โดยมีสนามแม่เหล็กเกิดในทิศตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กที่พุ่งเข้าหาขดลวด เพื่อพยายามต้านการเพิ่มขึ้นของจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

ในทางตรงกันข้าม ถ้าดึงขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด ดังรูปที่ 10.3 จะทำให้จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดลดลง จึงเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลในขดลวด ขดลวดจึงประพฤติตัวเสมือนเป็นแท่งแม่เหล็กอีกอันหนึ่ง โดยมีสนามแม่เหล็กเกิดในทิศเดียวกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กที่ถูกดึงออกจากขดลวด เพื่อพยายามต้านการลดลงของจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

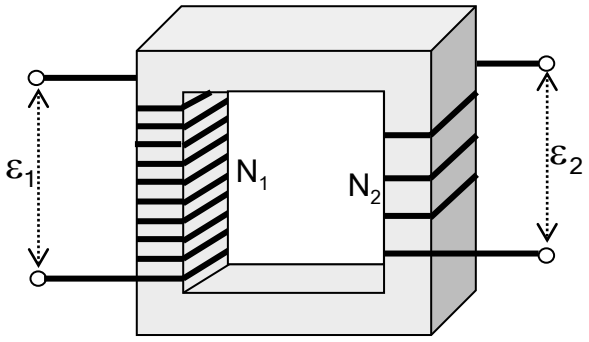
ดังนั้นเมื่อเขียนรวมการค้นพบของฟาราเดย์และเลนส์จะได้เป็น กฎของฟาราเดย์และเลนส์ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\varepsilon = -N\left(\frac{d\phi_B}{dt}\right)$$

โดยเครื่องหมายลบในสมการแสดงให้เห็นว่า ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดมีทิศทางต่อต้านการเปลี่ยนแปลงจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

หลักการทำงานของทรานสฟอร์เมอร์

ลักษณะของทรานสฟอร์เมอร์ประกอบด้วย แกนเหล็กอ่อนและขดลวดสองขดพันรอบแกนเหล็กอ่อน ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 องค์ประกอบของทรานสฟอร์เมอร์

ทรานสฟอร์เมอร์นี้มีหน้าที่เปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับให้สูงขึ้นหรือต่ำลงก็ได้ ส่วนวิธีใช้ ให้นำขดลวดข้างหนึ่งต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องการเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยขดลวดข้างนี้เรียกว่า **ขดลวดปฐมภูมิ** ส่วนขดลวดอีกขดหนึ่งจะให้ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องการ โดยขดลวดนี้เรียกว่า **ขดลวดทุติยภูมิ** โดยขดลวดทั้งสองพันรอบแกนเหล็กอ่อนร่วมกันตาม

หลักการถือว่าเกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดเท่ากัน (กล่าวคือ $\frac{d\phi_B}{dt}$ เท่ากัน) โดยสมการของขดลวดปฐมภูมิเป็น

$$\varepsilon_1 = - N_1 \left(\frac{d\phi_B}{dt} \right) \qquad \text{.....(1)}$$

ส่วนสมการของขดลวดทุติยภูมิเป็น

$$\varepsilon_2 = - N_2 \left(\frac{d\phi_B}{dt} \right) \qquad \text{.....(2)}$$

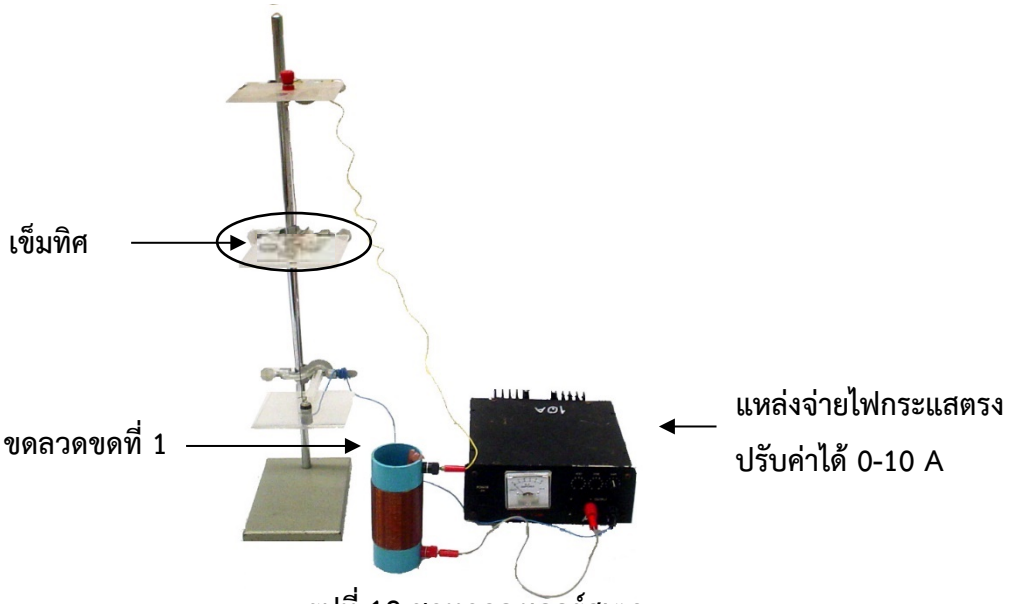
จากสมการ (1) และ (2) จะได้

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

วิธีการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> การค้นพบของเออร์สเตด

1. ต่อชุดการทดลองเออร์สเตด กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ 0-10 A และขดลวด-ขดที่ 1 ดังรูปที่ 12 พร้อมกับวางเข็มทิศเล็กลงบนแผ่นพลาสติกใกล้ ๆ เส้นลวด

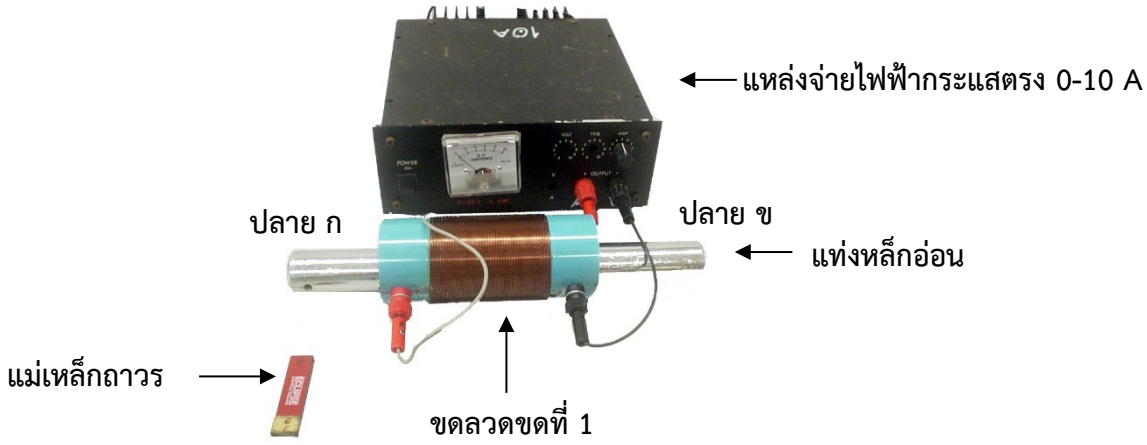


รูปที่ 12 ชุดทดลองเออร์สเตด

2. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ปรับค่ากระแสไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนเข็มทิศเคลื่อนที่แล้วหยุดโดยต้องระวังไม่ให้กระแสเกิน 4 แอมแปร์
3. เขียนลูกศรแทนการเบนของเข็มทิศทั้ง 4 ลงในรายงานผลการทดลอง
4. ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วสลับสายไฟที่ขดลวดขดที่ 1 เพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสจาก ก ไป ข เป็นจาก ข ไป ก เป็นการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสในเส้นลวดจากบนลงล่างเป็นล่างขึ้นบน
5. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วเขียนลูกศรแทนการเบนของเข็มทิศทั้ง 4 ลงในรายงานผลการทดลอง

<u>ตอนที่ 2</u> สนามแม่เหล็กในขดลวดหรือคอยล์

1. ต่อขดลวดที่ 1 กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 0-10 A ดังรูปที่ 13 โดยมีแกนกลางของขดลวดเป็นแท่งเหล็กอ่อน



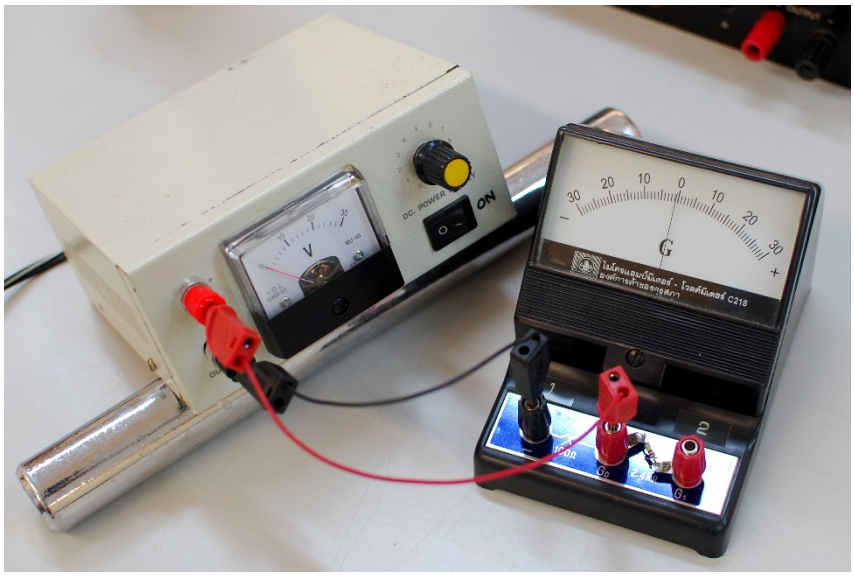
รูปที่ 13 ชุดทดลองสนามแม่เหล็กในขดลวด

2. ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงยังไม่เปิด ให้ลองทดสอบโดยใช้แท่งแม่เหล็กถาวรกับปลาย ก และ ปลาย ข พร้อมบันทึกผล
3. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง พร้อมปรับกระแสไฟฟ้าเป็น 2-4 แอมแปร์
4. ให้มองเข้าหาขดลวดที่ปลาย ก จะเห็นกระแสไฟฟ้าไหลอย่างไร (ให้ตอบว่าไหลทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา) แล้วลองทดสอบโดยใช้แท่งแม่เหล็กถาวร พร้อมบันทึกผล ให้มองเข้าหาขดลวดที่ปลาย ข จะเห็นกระแสไฟฟ้าไหลอย่างไร (ให้ตอบว่าไหลทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา) แล้วลองทดสอบโดยใช้แท่งแม่เหล็กถาวร พร้อมบันทึกผล
5. ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วสลับสายไฟจากที่ขดลวดจากปลาย ก ไป ปลาย ข และจากปลาย ข ไป ปลาย ก เพื่อกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในเส้นลวด
6. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 4. และ 5.

<u>ตอนที่ 3</u> การทดสอบกฎของเลนส์ และฟาราเดย์

(ก) บันทึกการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในลักษณะต่างๆ

1. ต่อกัลวานอมิเตอร์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ ดังรูปที่ 14

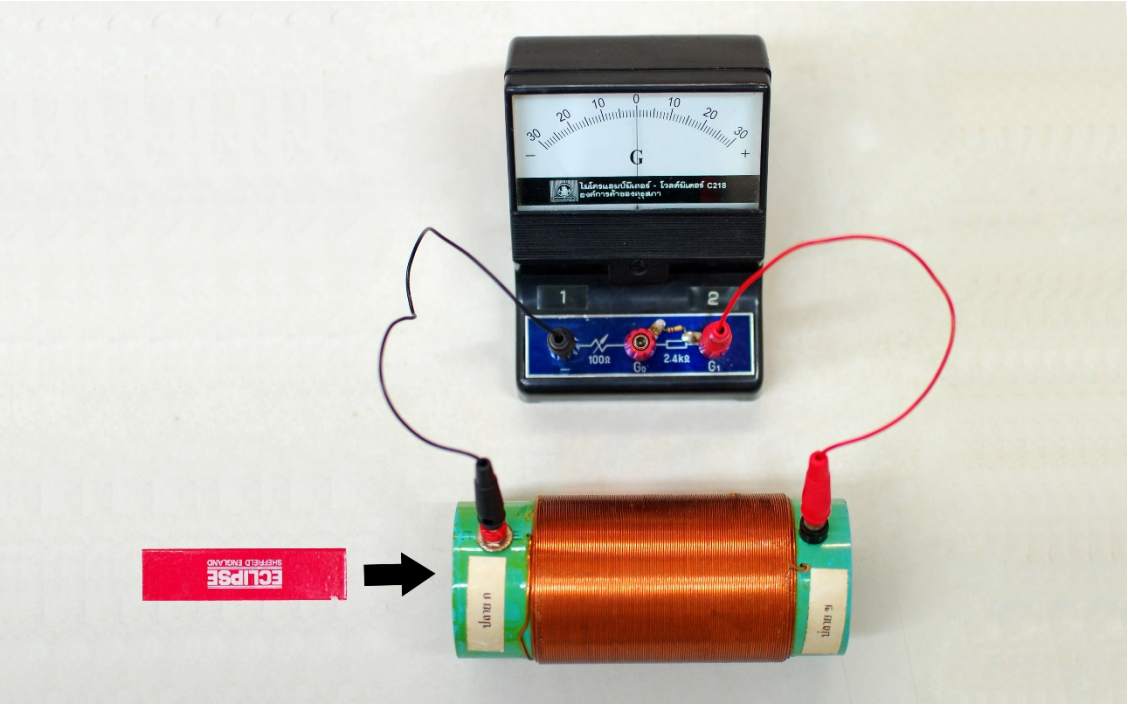


รูปที่ 14 วงจรศึกษาการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์

2. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง พร้อมปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็น 6 โวลต์ เพื่อทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วหมายเลข 1 ผ่านกัลวานอมิเตอร์ไปยังขั้วหมายเลข 2 ให้สังเกตการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์แล้วบันทึกผล
3. ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วสลับสายไฟที่กัลป์วานอมิเตอร์จากขั้ว 1 ไป ขั้ว 2 และจากขั้ว 2 ไป ขั้ว 1 เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วหมายเลข 2 ผ่านกัลวานอมิเตอร์ไปยังขั้วหมายเลข 1
4. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วหมายเลข 2 ผ่านกัลวานอมิเตอร์ไปยังขั้วหมายเลข 1 ให้สังเกตการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์แล้วบันทึกผล

(ข) ศึกษาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กพุ่งเข้าและออกจากขดลวด หรือขดลวดพุ่งเข้าและออกจากขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก

1. ต่อกัลวานอมิเตอร์กับขดลวดที่ 1 ดังรูปที่ 15
2. สังเกตการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ ขณะนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กพุ่งเข้าหาขดลวดที่ปลาย ก แล้วหยุด (ห้ามดึงแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด) แล้วดึงขั้วแม่เหล็กออกจากปลาย ก บันทึกผล



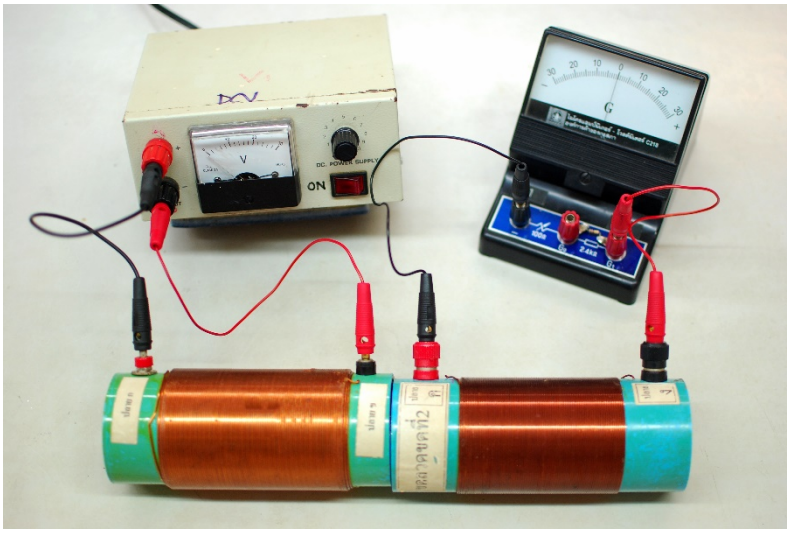
รูปที่ 15 การใช้ขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กพุ่งเข้าหาขดลวด

3. สังเกตการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ ขณะนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กพุ่งเข้าหาขดลวดที่ปลาย ก แล้วหยุด (ห้ามดึงแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด) แล้วดึงขั้วแม่เหล็กออกจากปลาย ก บันทึกผล
4. จากลักษณะการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ ทำให้นักศึกษาทราบทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด ซึ่งเกิดจากการมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด บันทึกผล
5. ให้นักศึกษามองเข้าหาปลาย ก ของขดลวด แล้วพิจารณาว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดในขณะที่ขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กกำลังพุ่งเข้าว่าไหลอย่างไร (ให้บันทึกผลว่าไหลทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา) ซึ่งจะทำให้สามารถบอกได้ว่าปลาย ก ของขดลวดมีการประพฤติตัวเสมือนเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ได้
6. ให้นักศึกษามองเข้าหาปลาย ข ของขดลวดบ้าง แล้วทำ ทำนองเดียวกันกับข้อ 4.
7. ในขณะที่แท่งแม่เหล็กหยุดอยู่ภายในขดลวดให้สังเกตเข็มกัลวานอมิเตอร์ชี้ที่เลขอะไร แล้วควรตีความหมายอย่างไร พร้อมกับบันทึกผล
8. ต่อมาเมื่อดึงขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กออกมาจากขดลวดที่ปลาย ก แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 3, 4, 5 ตามลำดับ
9. ทำเช่นเดียวกับ 2-7 แต่เปลี่ยนเป็นนำปลาย ก ของขดลวดพุ่งเข้าหาและออกจากขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กบ้าง บันทึกผล

(ค) ศึกษาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กพุ่งเข้าและออกจากขดลวด หรือขดลวดพุ่งเข้าและออกจากขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก (วิธีการทดลองให้ทดลองในทำนองเดียวกับตอน (ข) เพียงแต่เปลี่ยนข้อความคำว่าเหนือเป็นใต้)

<u>ตอนที่ 4</u> ศึกษาหลักการทำงานของทรานสฟอร์เมอร์

1. ให้ต่อชุดทดลอง ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 ชุดทดลองหลักการทำงานของทรานสฟอร์เมอร์

2. เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 0 โวลต์ ไป 5 โวลต์ อย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดที่ 1 เพิ่มขึ้น จึงทำให้จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดที่ 2 เพิ่มขึ้นด้วย
3. สังเกตการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่ 1 และทิศทางการกระดิกของเข็มกัลวานอมิเตอร์ จึงทำให้ทราบทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่ 2
4. ให้นักศึกษามองเข้าหาปลาย ก และ ข ของขดลวดที่ 1 และปลาย ค และ ง ของขดลวดที่ 2 ว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลอย่างไร (ให้บันทึกผลว่า ไหลทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา) ซึ่งสามารถบอกได้ว่าปลาย ก และ ข ของขดลวดที่ 1 และปลาย ค และ ง ของขดลวดที่ 2 มีการประพฤติตัวเสมือนเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ได้
5. ทำการทดลองและสังเกตเช่นเดียวกับข้อ 2 – 4 โดยลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 5 โวลต์ ไป 0 โวลต์