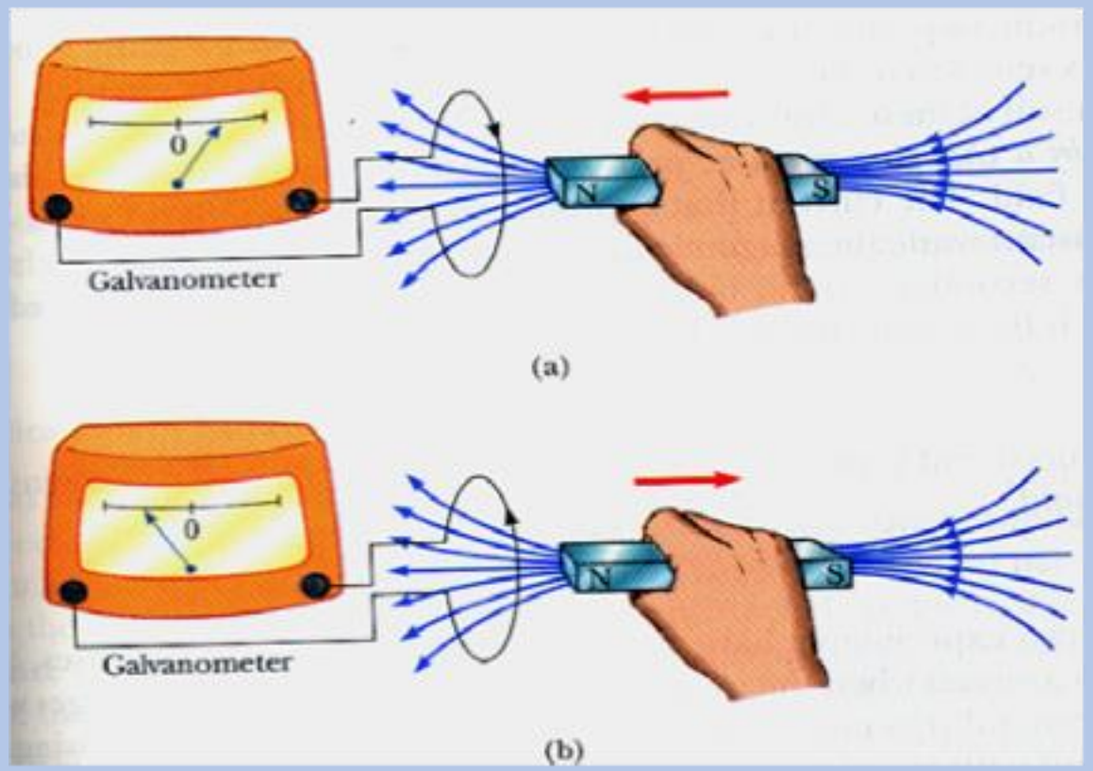
ไฟฟ้ากระแสสลับ

- กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์
- วงจรไฟฟ้ากระสลับ

“กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์”

“กระแสไฟฟ้าจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในวงจร โดยการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก”

การทดลองที่ 1 ต่อขดลวดเข้ากับกัลวานอมิเตอร์โดยไม่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จากนั้นนำแทงแม่เหล็กมาวางใกล้ขดลวดในทิศทางต่างๆ แล้วสังเกตเข็มของกัลวานอมิเตอร์



เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้าหรือออกจากขดลวดจะเกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด หรือถ้าให้แท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งแล้วเคลื่อนขดลวดก็จะได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันแต่ทิศทางอของกระแสไฟฟ้าที่เกิดจะมีทิศตรงข้ามกันเมื่อเคลื่อนแม่เหล็กเข้าหรือออก โดยปกติจะเรียกกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดนี้ว่า

“กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current)”

“กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์”

การทดลองที่ 2 ต่อขดลวดเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ และแบตเตอรี่เข้าด้วยกัน

นำขดลวด 2 วง วางใกล้ๆกันแต่ไม่สัมผัสกัน ถ้าวงจรหนึ่งมีกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลง จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น ในขดลวดที่สอง

“กฎของฟาราเดย์”

ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ในวงจรนั้น

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$\mathcal{E}$ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หน่วยเป็นโวลต์ (Volt)

$\frac{d\Phi_B}{dt}$ อัตราเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านลวดตัวนำ
หน่วยเป็น เวบเบอร์ (Wb, Weber)

เครื่องหมายลบ หมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะตรงข้ามกับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก

“กฎของฟาราเดย์”

ขดลวดที่มี N รอบจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดทุกๆรอบ ซึ่งแรงเคลื่อนเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ก็คือ

$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

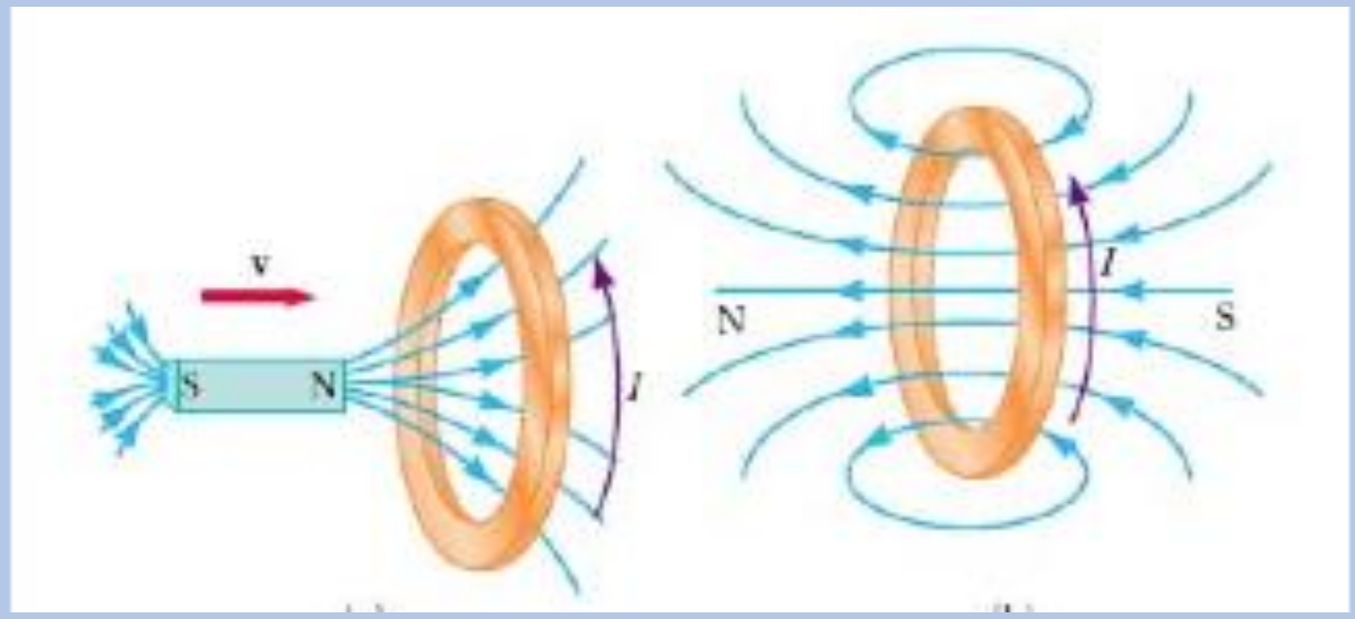
แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt, V)

การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่พุ่งผ่านขดลวดเกิดจาก $\Phi_B = B \cdot A = BA\cos\theta$

1. พื้นที่ของวงจรเปลี่ยนแปลง (A) หน่วยเป็น ตารางเมตร,m^2
2. ขนาดของสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง (B) หน่วย เทสลา (Tesla, T) หรือ Wb/m^2
3. θ ทิศทางมุมของ B กระทำกับ A

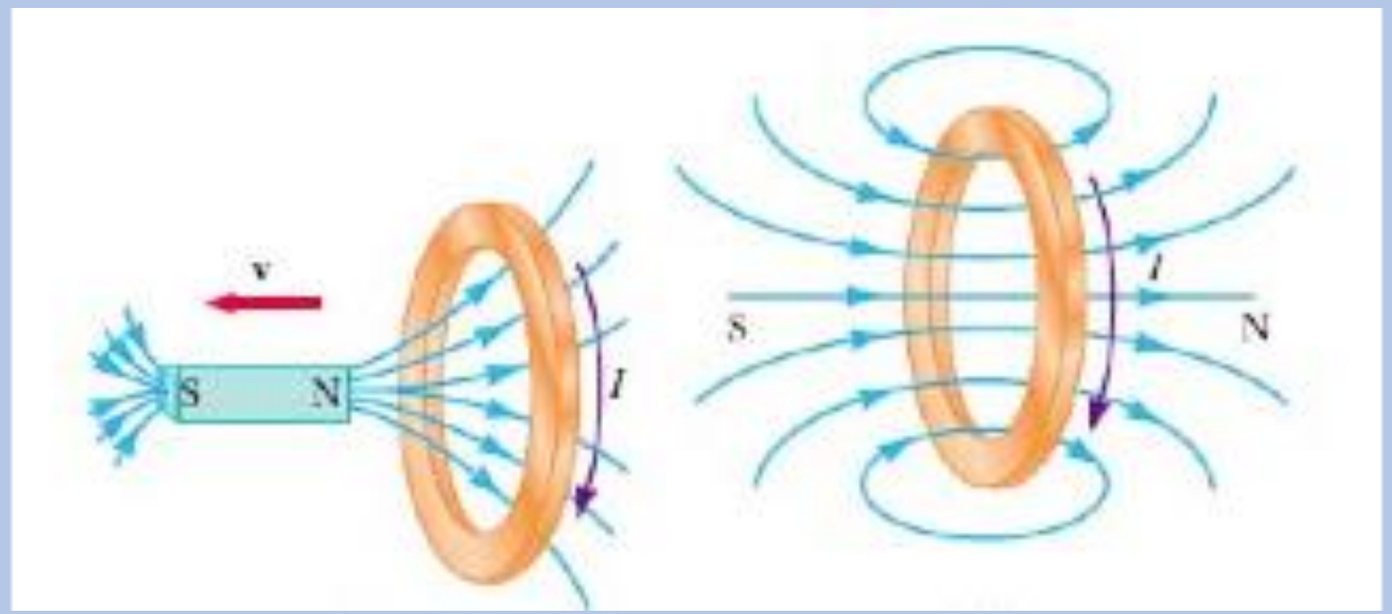
“กฎของเลนซ์”

“ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีทิศที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลไปในทิศที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กของอีกขดหนึ่ง”



เมื่อเราผลักแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวด จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้น ตามกฎของเลนซ์การผลักนี้ ก็คือการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะทำให้กระแสเหนี่ยวนำ และจากกฎนี้กระแสเหนี่ยวนำจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับขดลวดขดที่สอง นั่นคือ ถ้าผลักขั้วเหนือเข้าหาขดลวดจะเกิดขั้วเหนือขึ้นทางด้านขวามือของขดลวด เพื่อพยายามผลักขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก

“กฎของเลนซ์”

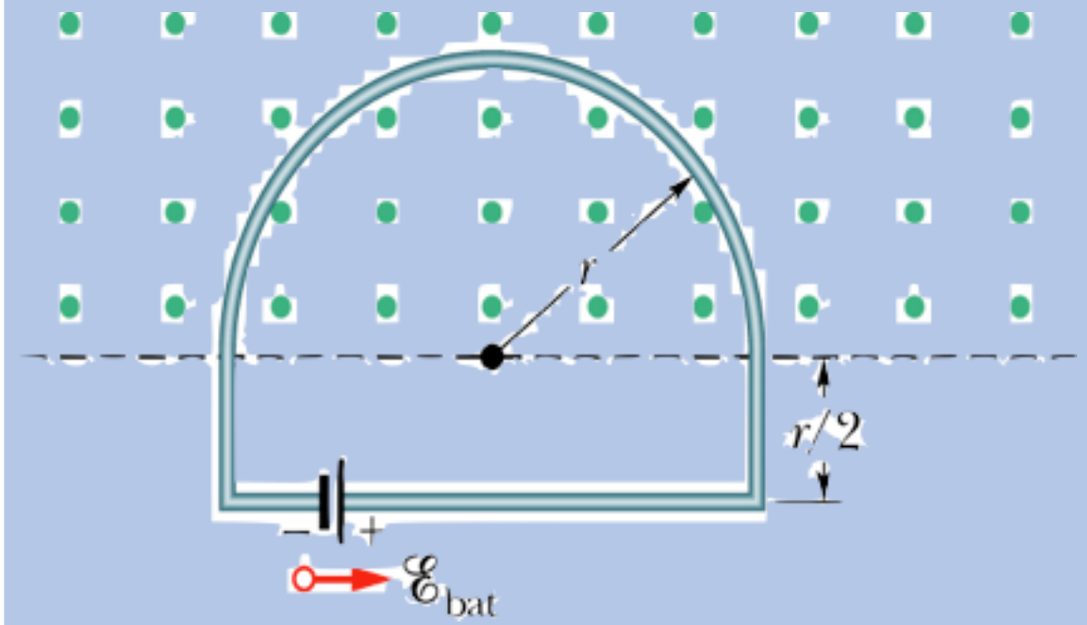


ในทางกลับกัน ถ้าดึงขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กให้ออกห่างจาขดลวด ขดลวดจะพยายามต้านการเคลื่อนที่นั้นโดยการสร้างขั้วใต้ขึ้นทางด้านแม่เหล็ก เพื่อดูดแท่งแม่เหล็กเอาไว้

ดังนั้นไม่ว่าเราจะผลักแท่งแม่เหล็กเข้าหาหรือดึงแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด การเคลื่อนที่ของมันจะถูกต่อต้านโดยขดลวดเสมอ

ตัวอย่างที่ 1

จากรูป แสดงลวดเหนี่ยวนำ ประกอบด้วยลวดครึ่งวงกลมรัศมี r = 0.2 เมตร และลวดตรงสามเส้นยึดติดกับครึ่งวงกลมอยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ และมีทิศที่พุ่งออกหน้ากระดาษ $\vec{B} = 4.0t^2 + 2.0t + 3.0$ $\vec{B}$ อยู่ในหน่วยเทสลา , t อยู่ในหน่วยวินาที แรงเคลื่อนไฟฟ้าแบตเตอรี่ $\mathcal{E}_{bat} = 2.0\ \text{V}$ ต่ออยู่กับลวดความต้านทานของวงลวดเท่ากับ 2Ω



จงหาขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อขดลวดถูกเหนี่วนำเมื่อเวลาผ่านไป ที่เวลา 10 วินาที

$$\mathcal{E}_{ind} = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}(BA) = A\frac{dB}{dt}$$

A = ครึ่งวงกลม = $\frac{1}{2}\pi r^2$

$$\mathcal{E}_{ind} = \frac{1}{2}\pi r^2 \frac{d}{dt}\left(4t^2 + 2t + 3\right) = \frac{\pi r^2}{2}(8t + 2)$$

ที่ t = 10 วินาที

$$\mathcal{E}_{ind} = \frac{\pi r^2}{2}(8\times 10 + 2) = 5.152\ \text{V}$$

<u>ตอบ</u>

“ตัวเหนี่ยวนำและความเหนี่ยวนำ”

เมื่อกระแส ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ จะทำให้เกิดฟลักซ์ของ พุ่งผ่านบริเวณกลางของตัวเหนี่ยวนำ ความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำคือ

$$L = \frac{N\phi}{i}$$

หน่วย henry (H)

“แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากความเหนี่ยวนำตัวเอง”

ใช้หลักการเดียวกันพิจารณาขดลวดขดเดียวกัน(ขดลวดหลายรอบเสมือนกับว่ามีขดลวดมากกว่าหนึ่งวางใกล้กัน) หากในขดลวดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะทำให้เกิด
“แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ” ε_L

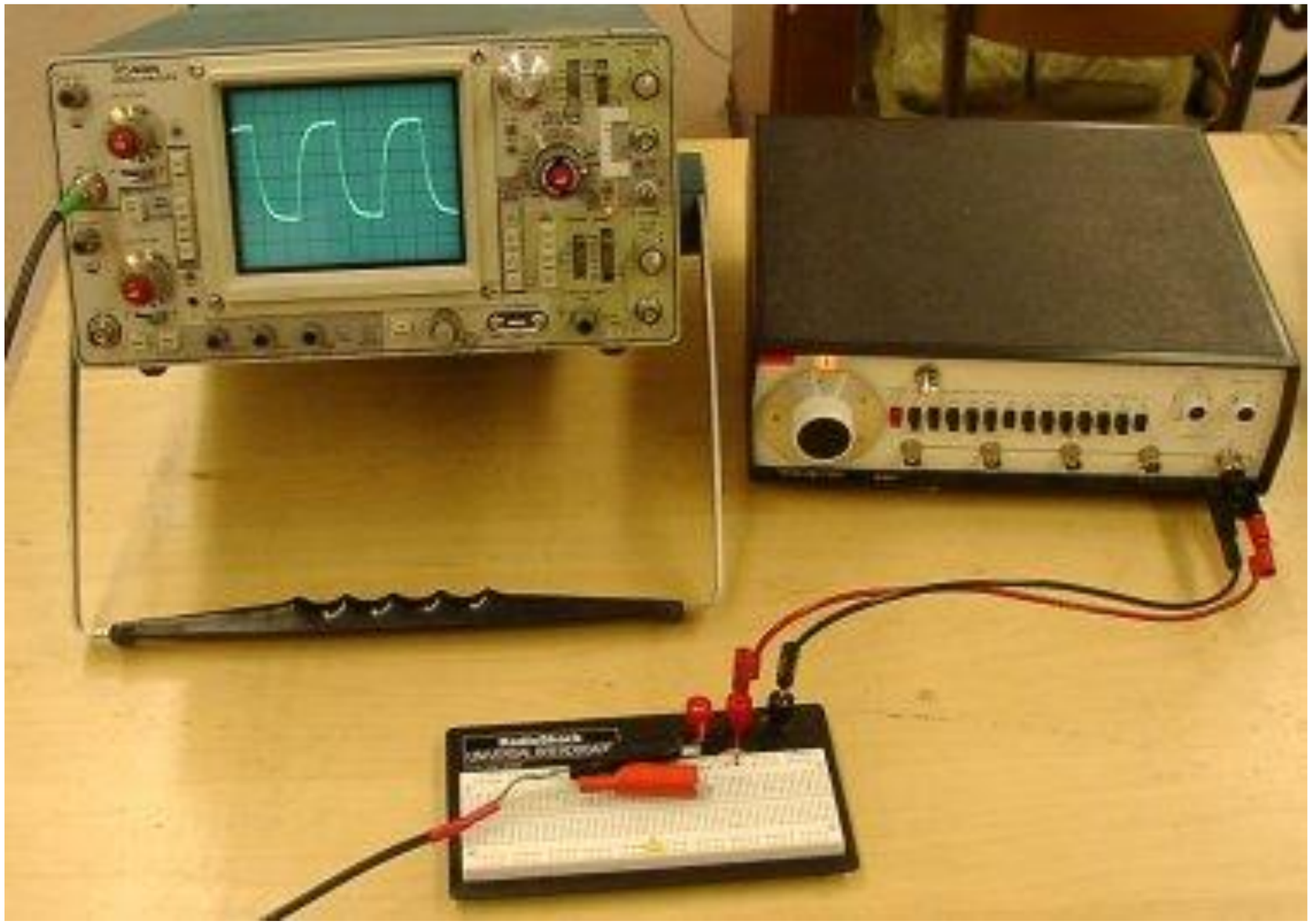
$$\frac{d}{dt}N\phi = \frac{d}{dt}Li$$

จากกฎฟาราเดย์

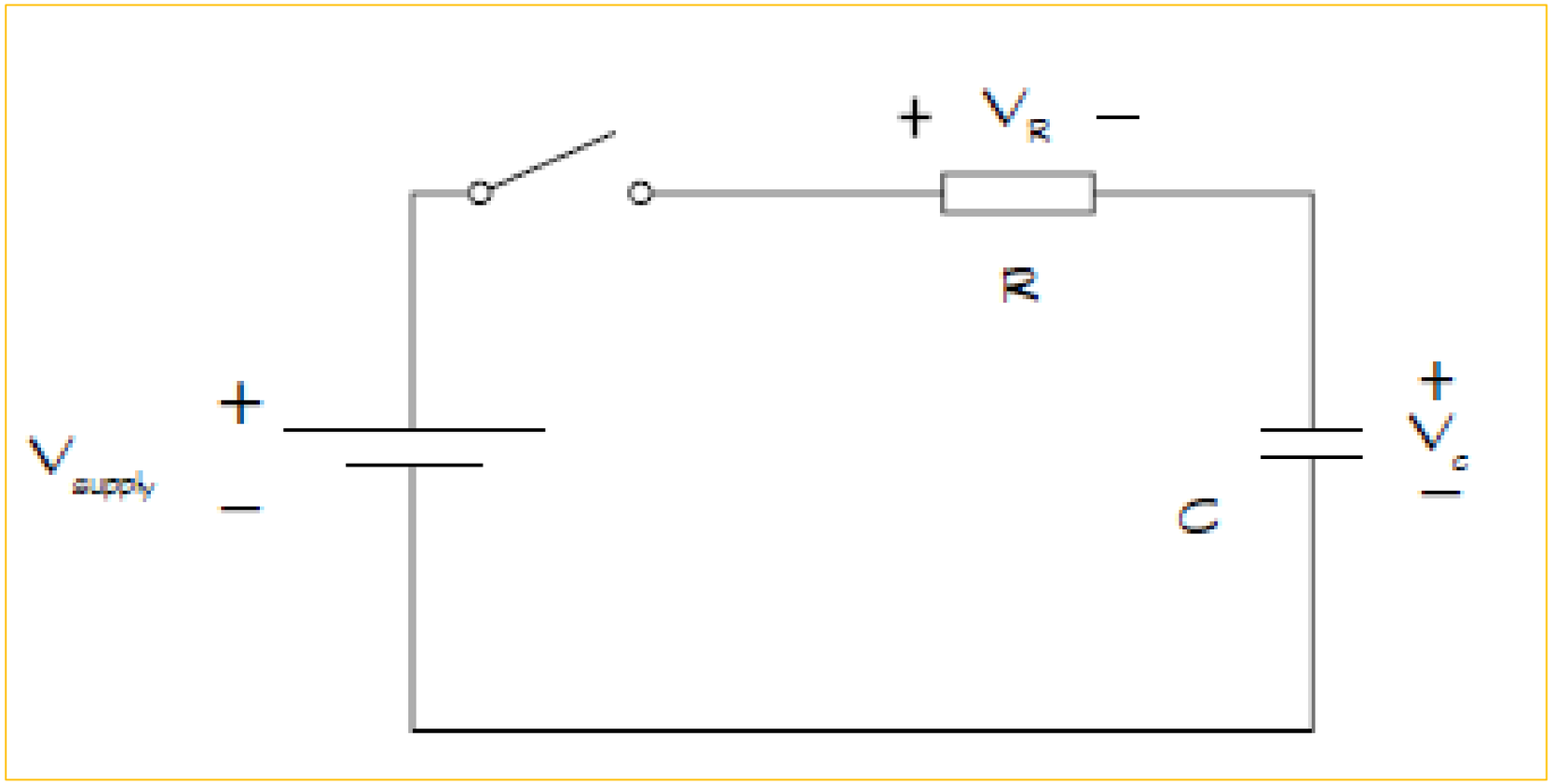
$$\varepsilon_L = -L\frac{di}{dt}$$

กระบวนการนี้เรียกว่า การเหนี่ยวนำตัวเอง

วงจร RC



การต่อตัวเก็บประจุกับตัวต้านทานร่วมกันจะช่วยให้สามารถควบคุมความเร็ว ของการชาร์จประจุและการคายประจุจากตัวเก็บประจุ ซึ่งเราเรียกการต่อแบบนี้ว่าวงจร RC (RC Circuit)



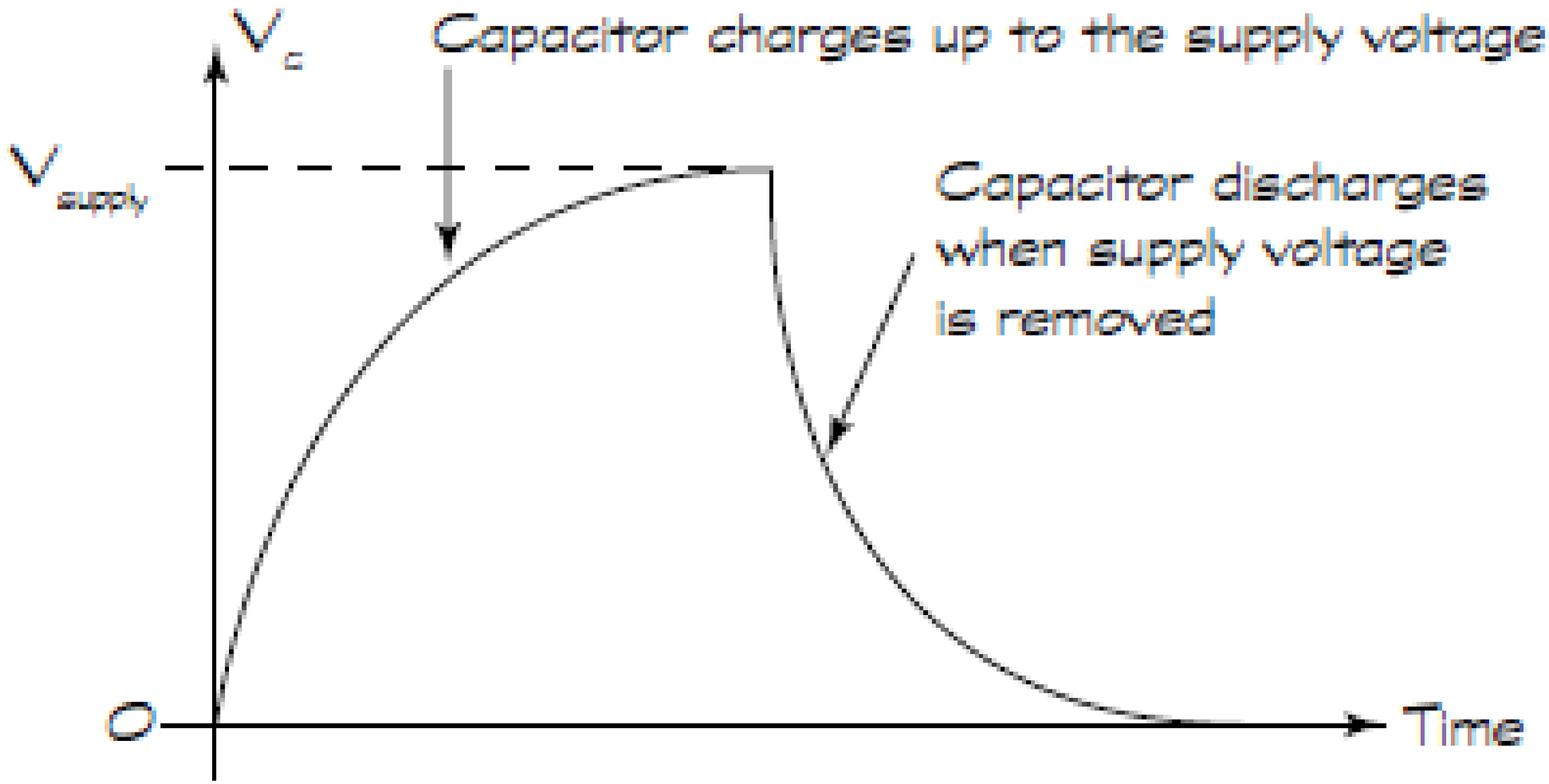
ตามรูปแบตเตอรี่จะชาร์จตัวเก็บประจุเมื่อสวิตซ์ปิด โดยตอนแรกแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจะเป็นศูนย์ (Vc = 0 V) หลังจากนั้นเมื่อสวิตซ์ปิดจะทำให้กระแสเริ่มไหลผ่าน ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านช่วงนี้จะเท่ากับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (Vr) ซึ่งเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟหารด้วยค่าของตัวต้านทาน (R), (I = V/R) ซึ่งลำดับการทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้

ช่วงเริ่มต้น: เพราะในช่วงเริ่มต้นแรงดันที่ตัวเก็บประจุจะเป็นศูนย์ ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะเท่ากับแหล่งจ่ายไฟ

ช่วงเก็บประจุ: ตอนเก็บประจุ ตัวเก็บประจุจำทำงานร่วมกันกับตัวต้านทานเพื่อควบคุมความเร็วกระแส

ช่วงเก็บประจุเต็ม: เมื่อตัวเก็บประจุชาร์จประจุจนเต็ม กระแสจะหยุดไหล จะไม่มีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานและแรงดันทั้งหมดจะตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุ

กราฟแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ



ซึ่งถ้าเรานำค่าแรงดันกับเวลาของการเก็บประจุและการคายประจุมาพล๊อตกรา ฟจะได้กราฟตามรูปข้างล่าง ซึ่งความเร็วในการชาร์จประจุและการคายประจุ จะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ยิ่งมีค่ามาก การเก็บและการคายประจุก็จะยิ่งใช้เวลานานมาก กลับกันยิ่งตัวต้านทานและตัวเก็บประจุมีค่าน้อยก็ยิ่งเก็บประจุและคายประจุ ได้เร็ว

RC time constant

- เราสามารถที่จะปรับเปลี่ยนเวลาของการเก็บประจุและการคายประจุได้ โดยการเปลี่ยนค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ โดยเมื่อนำค่าตัวต้านทาน คูณกับตัวเก็บประจุ จะได้ค่าคงที่มาค่าหนึ่ง ซึ่งค่านี้เราเรียกว่าค่า RC time constant โดยใช้สัญลักษณ์เป็นตัว T ดังนั้น

$$T = R \times C$$

ซึ่งจากการทดลอง เวลาในการเก็บประจุและการคายประจุจนเสร็จสิ้นจะใช้เวลาประมาณ 5T หรือห้าเท่าของค่า RC (5 x R x C) ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 1T ตัวเก็บประจุจะสามารถเก็บประจุหรือคายประจุได้ประมาณสองในสามของขนาดของตัว เก็บประจุ

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต่อตัวต้านทานขนาด 2 MΩ กับตัวเก็บประจุขนาด 15 μF คุณจะได้ค่า RC time เท่ากับ

T = 2,000,000 x 0.000015 = 30 วินาที

ดังนั้นจะรู้แล้วว่าวงจร RC ที่จะใช้ จะใช้เวลาประมาณ 150 วินาที (5T) ในการที่จะทำให้ตัวเก็บประจุชาร์จประจุจนเต็มหรือคายประจุจนหมด ซึ่งถ้าต้องการให้เร็วกว่านั้น อาจจะลดขนาดของตัวต้านทานหรือตัวเก็บ ประจุลงก็ได้