

บรรยาย 11 ปฏิกิริยาแม่เหล็ก และการเหนี่ยวนำ

Physics 122, รร.ช่างทันตกรรม, ปีการศึกษา 2564-65/1

อุดม รอบคอบ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล

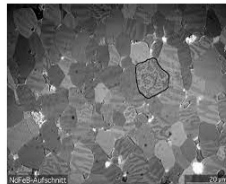
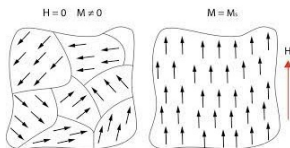
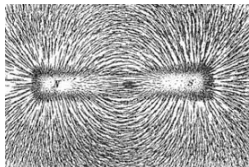
21 มกราคม 2565

หัวข้อบรรยาย

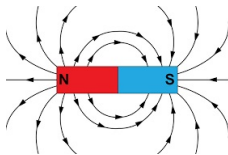
1. สนามแม่เหล็ก
2. แรงแม่เหล็กบนประจุไฟฟ้า
3. การเหนี่ยวนำ
4. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
5. แรงกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
6. หม้อแปลงไฟฟ้า และตัวเหนี่ยวนำ
7. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

สนามแม่เหล็ก

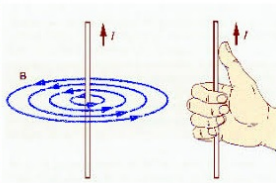
เราสามารถพบเห็นสนามแม่เหล็ก จากแท่งแม่เหล็กถาวร ซึ่งเป็นสสารแม่เหล็กชนิด Ferromagnetism ประกอบด้วยโดเมนของโมเมนต์แม่เหล็กคู่ขั้ว (magnetic dipole) ที่เรียงตัวเป็นระเบียบอย่างถาวร



ทิศทางของสนามแม่เหล็กถูกกำหนดให้ออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้



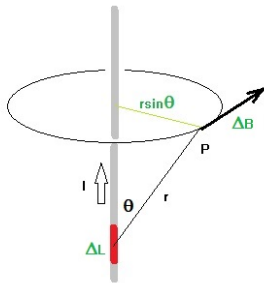
เรายังสามารถพบเห็นสนามแม่เหล็ก จากลวดนำกระแสไฟฟ้า และกำหนดทิศทางตามกฎมือขวา



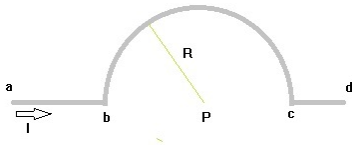
ขนาดความเข้มของสนามแม่เหล็กคำนวณได้จากสมการ บีโอดต์-ซาวาร์ต

$$\Delta B_P = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\Delta L \sin \theta}{r^2}$$

$$B_P = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dL \sin \theta}{r^2} \quad (1)$$



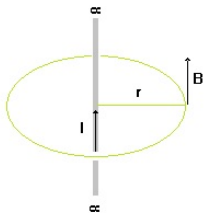
สนามแม่เหล็ก ณ จุดกึ่งกลางลวดครึ่งวงกลม รัศมี R นำกระแสไฟฟ้า I



$$ab, cd \mapsto \theta = 0, \quad bc \mapsto \theta = 90^\circ, \quad \Delta L = \pi R$$

$$B_P = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\pi R}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4R} \quad (\text{into}) \quad (2)$$

สนามแม่เหล็กจากลวดนำกระแสที่ยาวเป็นอนันต์



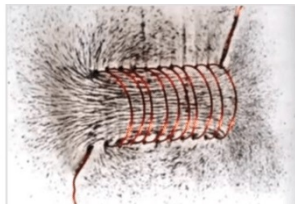
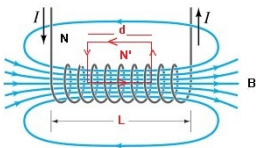
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

กฎของแอมแปร์

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I \mapsto \oint B \cdot dL = \mu_0 I$$

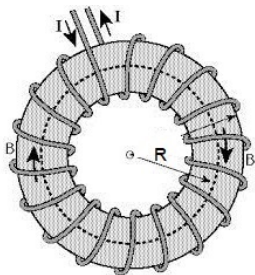
โดยที่ $\oint B \cdot dL$ คือวงรอบปิดของแอมแปร์

สนามแม่เหล็กภายในขดลวดโซเลนอยด์ (solenoid) จำนวน N รอบ ยาว L



$$Bd = \mu_0 N' I \mapsto B = \mu_0 I \frac{N'}{d} = \mu_0 n I$$

สนามแม่เหล็กภายในขดลวดทอรอยด์ (toroid) รัศมี R จำนวน N รอบ



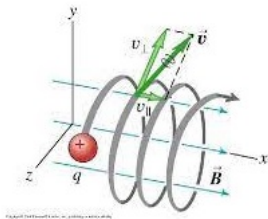
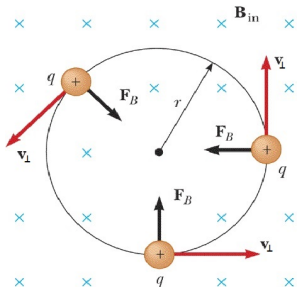
$$B \cdot 2\pi R = \mu_0 NI \mapsto B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$$

แรงแม่เหล็ก

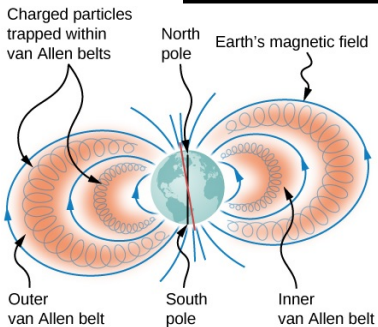
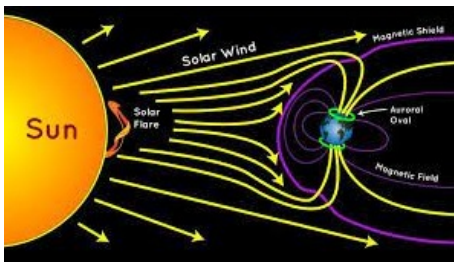
เมื่อประจุไฟฟ้า $+q$ เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก B ด้วยความเร็ว $v = v_{\perp} + v_{\parallel}$ จะมีแรงแม่เหล็ก F_B กระทำบนอนุภาค ขนาดเท่ากับ

$$F_B = qv_{\perp}B$$

ในขณะที่อนุภาคจะเคลื่อนที่ ด้วยความเร็ว v_{\parallel} ตามปกติ



ปรากฏการณ์ออโรรา



(a)

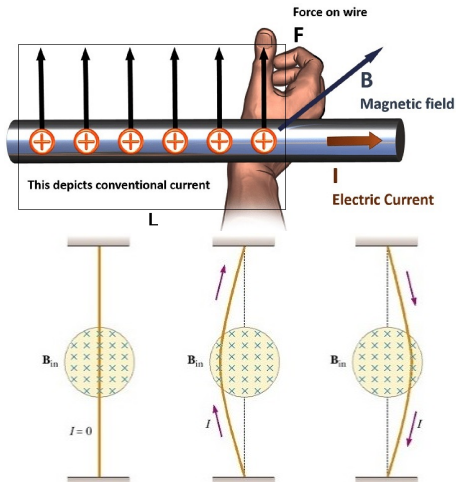


(b)

แรงแม่เหล็กบนลวดนำกระแสไฟฟ้า

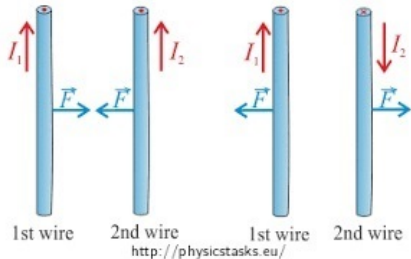
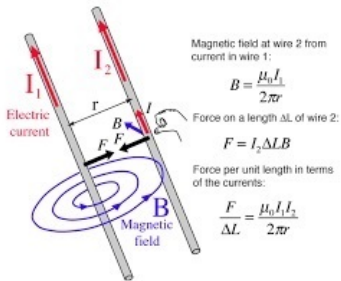
$$dF_B = (IdL)B \mapsto F_B = ILB$$

ทิศของแรง เป็นไปตามกฎมือขวา

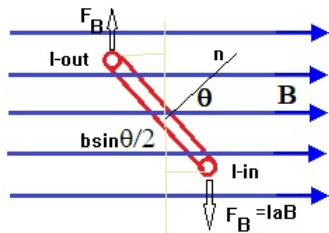
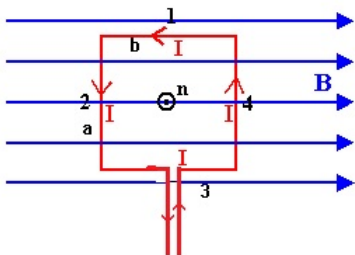


แรงระหว่างลวดนำกระแสไฟฟ้า สองเส้นที่อยู่ใกล้กัน

$$\frac{F_B}{\Delta L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

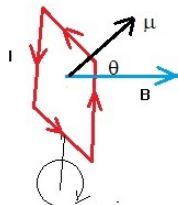
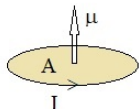


แรงบิดบนขดลวดนำกระแสไฟฟ้า

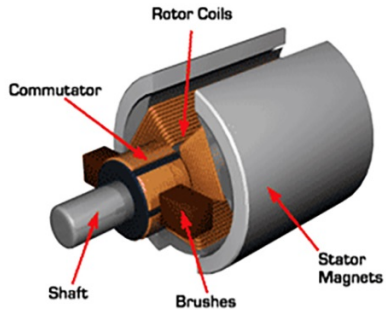
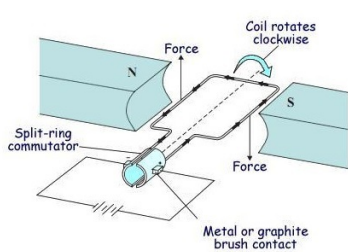


$$F_B = IaB \mapsto \tau = 2(F_B b \sin \theta/2) = I(ab)B \sin \theta = IAB \sin \theta$$

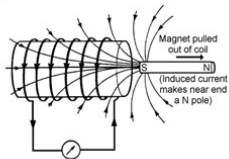
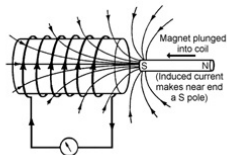
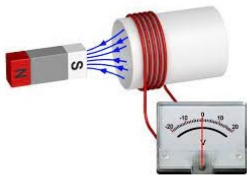
$$\mu = IA \mapsto \tau = \mu B \sin \theta \quad \vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$



มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ปรากฏการณ์ การเหนี่ยวนำไฟฟ้าแม่เหล็ก

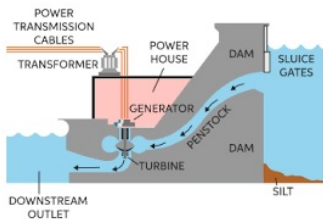
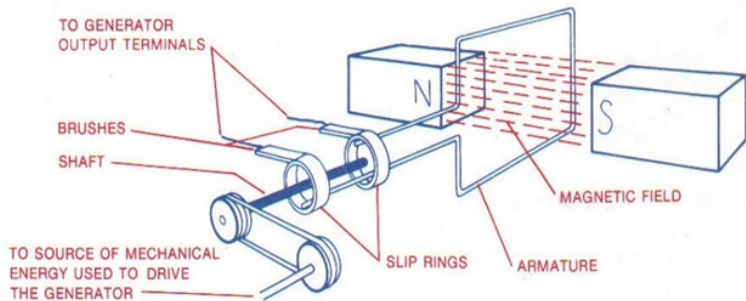


ฟลักซ์แม่เหล็ก และกฎของฟาราเดย์

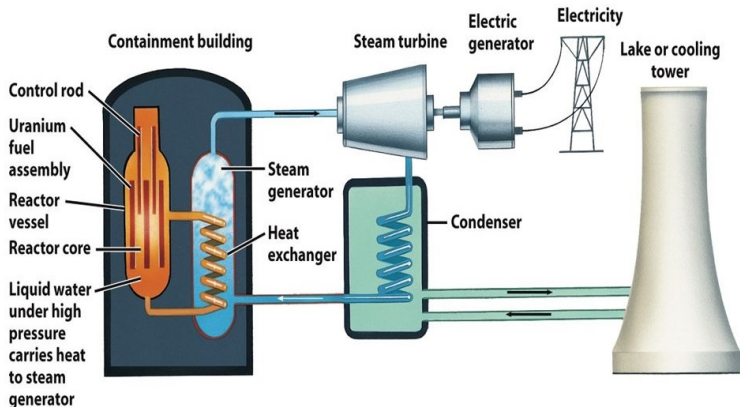
$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} \text{ [Weber]} \mapsto \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

กฎของเลนซ์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำอยู่ในทิศทาง ที่ขั้วเคลื่อน
กระไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพื่อ สร้าง/หักล้าง ฟลักซ์สนามแม่เหล็กที่กำลัง
ลดลง/เพิ่มขึ้น

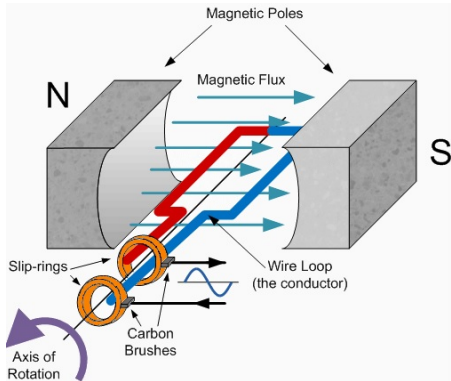
แหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ (generator)



โรงไฟฟ้านิวเคลียร์



มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ



Brushless motor?

