

เอกสารประกอบการบรรยาย: วิชา 2304102 ฟิสิกส์ทั่วไป 2
ครั้งที่ 5 ภาคการศึกษาปลาย พ.ศ. 2551
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

สารบัญ

1 กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า

1

1 กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า

เมื่อประจุเคลื่อนที่

เมื่อประจุเคลื่อนที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น โดยนิยามว่า *กระแสไฟฟ้า* (current, I) คือ การเคลื่อนที่ของประจุบวก (จริงๆ แล้วประจุลบเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่าจึงทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุลบ)

กระแสไฟฟ้า (current) คือ อัตราของประจุที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น C/s หรือ แอมแปร์ (A)

$$I_{av} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$
$$I = \frac{dQ}{dt}$$

ความหนาแน่นกระแส

ความหนาแน่นกระแส (current density, J) คือ อัตราส่วนของกระแสต่อพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น A/m²

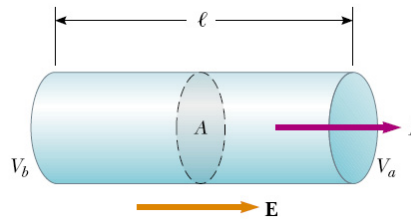
$$J = \frac{I}{A}$$

ทั้ง I และ J ต่างก็เป็นปริมาณเวกเตอร์ เพราะมีทิศทาง

ความหนาแน่นกระแสกับสนามไฟฟ้า

เมื่อสนามไฟฟ้ามีขนาดมากขึ้น ทำให้มีอิทธิพลกับการเคลื่อนที่ของประจุมากขึ้น (จำนวนของประจุที่เคลื่อนที่ได้เพิ่มขึ้น) ทิศทางของกระแสจะมีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า (ทำไม?) ในวัสดุบางอย่างพบว่า

$$\vec{J} \propto \vec{E}$$
$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$



เมื่อ σ คือ ค่าคงที่ เรียกว่า สภาพนำไฟฟ้า (conductivity) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของสสาร สมการนี้เรียกว่า กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

กระแสไฟฟ้าเกิดจากความต่างของศักย์ไฟฟ้า

เมื่อมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น ทำให้เกิดการไหลของกระแส

$$\Delta V = V_b - V_a = E\ell$$

$$J = \sigma E = \sigma \frac{\Delta V}{\ell}$$

$$\Delta V = \frac{\ell}{\sigma} J = \frac{\ell}{\sigma A} I$$

$$\Delta V = RI$$

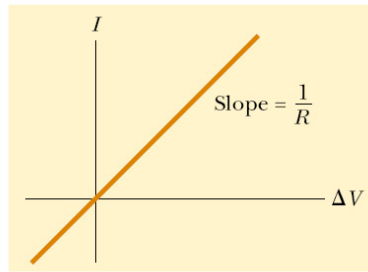
$$R \equiv \frac{\Delta V}{I}$$

ความต้านทานไฟฟ้า

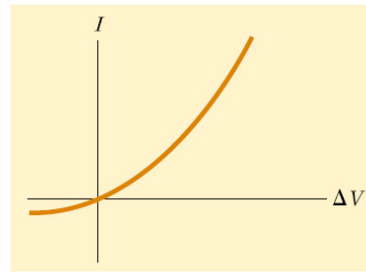
R เรียกว่า ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

$$\begin{aligned} R &= \frac{\ell}{\sigma A} \\ &= \rho \frac{\ell}{A} \\ \rho &= \frac{1}{\sigma} \end{aligned}$$

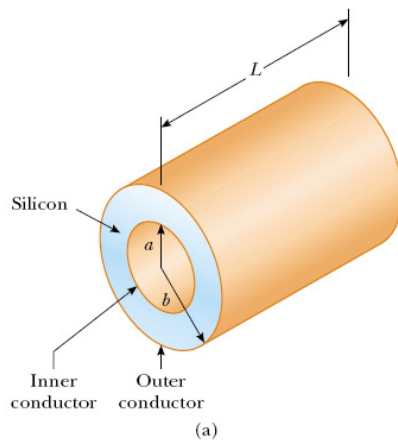
เมื่อ ρ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity)



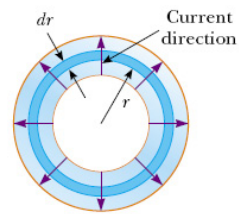
(a)



(b)



(a)



End view

(b)

ความสัมพันธ์ระหว่าง I กับ ΔV

กราฟของวัสดุที่มีคุณสมบัติตามกฎของโอห์มและไม่ตามกฎของโอห์ม

ตัวอย่าง

จงคำนวณหาความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดกระแส 1.82 A ไหลผ่านลวดทองแดงที่ยาว 1.75 m และมีเส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 1.10 mm ให้ค่า ρ ของทองแดงมีค่าเป็น $1.72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$

ตัวอย่าง

จงคำนวณหาความต้านทานของผนังเซลล์ที่มีความหนา 7.0 nm เมื่อค่าสภาพต้านทานของเซลล์เป็น $36 \times 10^6 \Omega \text{ m}$ และกำหนดให้เซลล์เป็นทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 0.050 mm

$$\text{จากโจทย์ได้ } A = 4\pi r^2$$

ความต้านทานตามแนวรัศมีของลวดตัวนำ

การคำนวณความต้านทานตามรัศมี

$$\begin{aligned}
 dR &= \rho \frac{\ell}{A} = \rho \frac{dr}{A} \\
 &= \frac{\rho}{2\pi r L} \\
 R &= \int dR = \frac{\rho}{2\pi \ell} \int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{b}{a}
 \end{aligned}$$

ความต้านทานตามรัศมีจะมีค่ามากกว่าความต้านทานตามความยาว

ความต้านทานกับอุณหภูมิ

$$\begin{aligned}
 \rho &= \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \\
 \alpha &= \frac{1}{\rho_0} \frac{\rho - \rho_0}{T - T_0} \\
 R &= R_0[1 + \alpha(T - T_0)]
 \end{aligned}$$

α : temperature coefficient of resistivity

กำลังไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 dU &= dQ \Delta V \\
 P &= \frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt} \Delta V = I \Delta V \\
 P &= I \Delta V = I(IR) = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง

เตาไฟฟ้าอันหนึ่งใช้การจ่ายไฟที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 120 V เข้าสู่ลวดนิโครม ที่มีความต้านทานเป็น 8.00 Ω จงหากระแสที่ไหลผ่านลวดนี้และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเตา