

บทที่ 5

กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า
Current and Conductors

บทที่ 6

ไดอิเล็กตริกและค่าความจุไฟฟ้า
Dielectrics and Capacitance



บทที่ 5 กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

ประจุไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งนั้นจะนำไปสู่กระแสไฟฟ้า (Current) โดยมีนิยามคืออัตราการเคลื่อนที่ของประจุที่ผ่านจุดอ้างอิง (หรือระนาบอ้างอิง) ที่กำหนดไว้คือ 1 คูลอมบ์ต่อวินาที (C/s) และมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere, A) และใช้สัญลักษณ์ I ดังนั้น

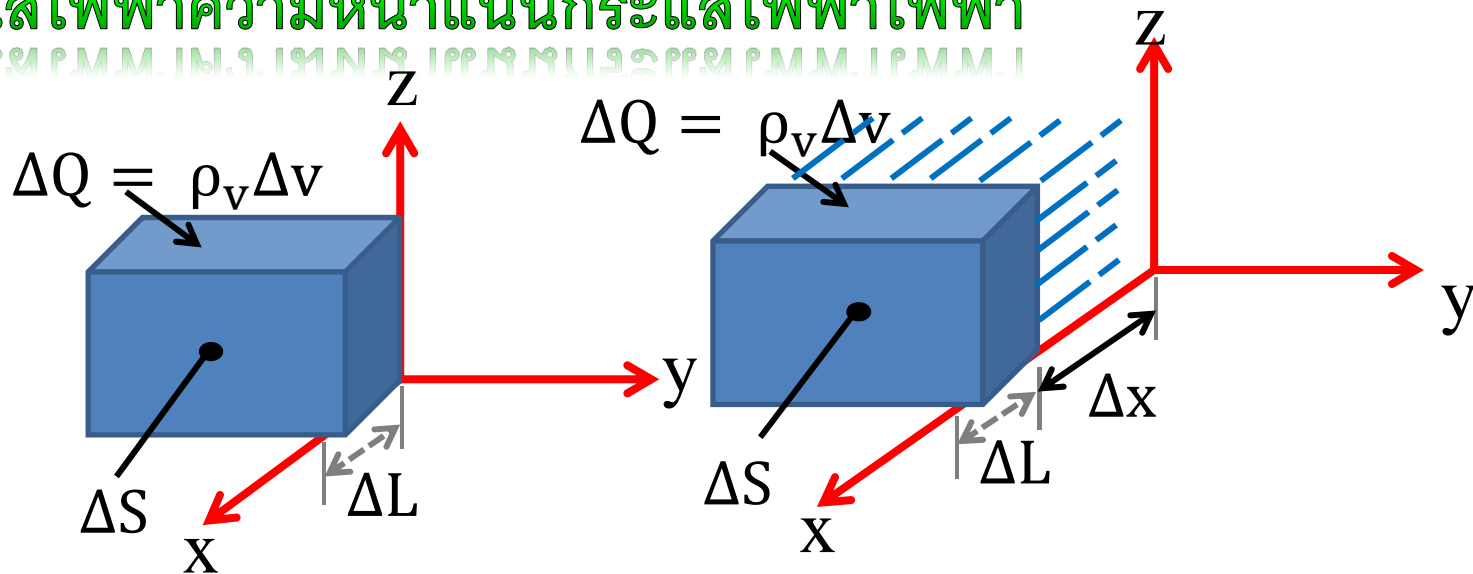
$$I = \frac{dQ}{dt}$$

กระแสไฟฟ้าจึงมีนิยามดังเช่นอัตราการเคลื่อนที่ของประจุบวก ถึงแม้ว่าการนำไฟฟ้าในโลหะนั้นจะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนก็ตาม



บทที่ 5 กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

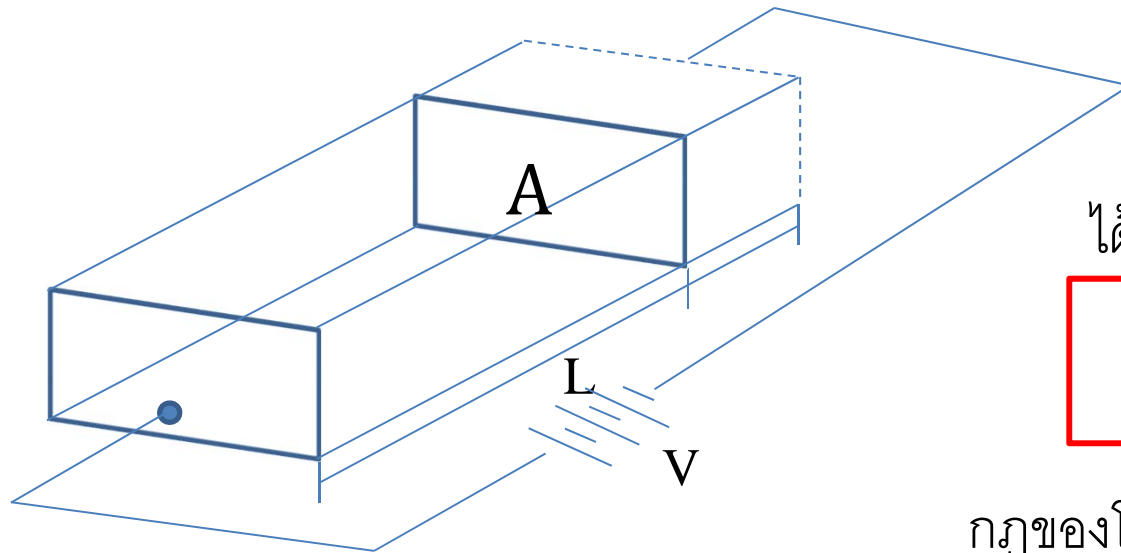


รูปแสดงการเพิ่มของประจุไฟฟ้า $\Delta Q = \rho_v \Delta S \Delta L$ ที่วิ่งในระยะทาง Δx ในเวลา Δt
จะสร้างส่วนประกอบของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าด้วยค่า $J_x = \rho_v v_x$



บทที่ 5 กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

แท่งตัวนำเสมอด้านเสมอปลาย



$$E = \frac{V}{L} ; J = \frac{I}{A}$$

ได้ความสัมพันธ์ $J = \sigma E$ จะได้

$$I = \sigma \frac{A}{L} V$$

กฎของโอห์ม $V = IR ; J = \frac{V}{R}$ จะได้

$$R = \frac{L}{\sigma A} \Omega \quad \text{“ความต้านทาน”}$$

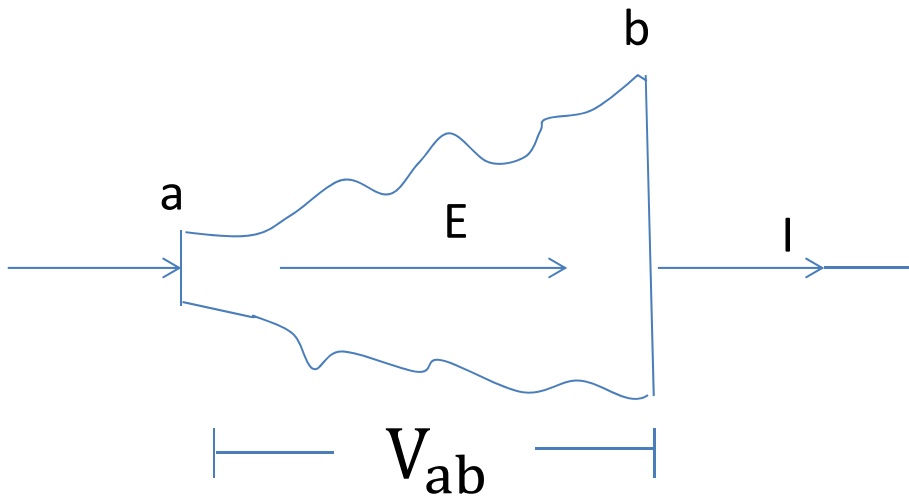
$$G = \frac{1}{R} = \frac{\sigma A}{L} \quad \text{“ความนำไฟฟ้า”}$$



บทที่ 5 กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

แท่งตัวนำทั่วไป

สามารถหาความต้านทานโดยใช้กฎของโอห์ม



$$R = \frac{V_{ab}}{I}$$

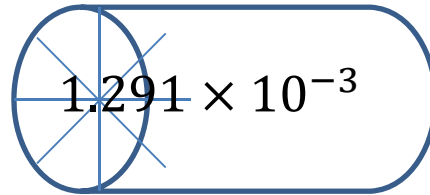
$$R = - \int_{-b}^a \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} / \int_s \sigma \bar{\mathbf{E}} \cdot d\bar{\mathbf{s}}$$



บทที่ 5 กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

แท่งตัวนำทั่วไป

ตัวอย่าง ลวดทองแดง #16 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.0508 หรือ $1.291 \times 10^{-3} \text{ m}$ ยาว 1 mi (1609 m) ซึ่งมีค่า $\sigma = 5.8 \times 10^7 \text{ S/m}$ ถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป 10 A จงหาค่า R, J, V, E



วิธีทำ

$$A = S = \pi r^2 = \pi \left[\frac{1.291 \times 10^{-3}}{2} \right]^2 = 1.309 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{L}{\sigma A} = \frac{1609 \text{ m}}{5.8 \times 10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}} \cdot 1.309 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 21.193 \frac{1}{\text{S}} = \Omega$$



บทที่ 5 กระแสไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

แท่งตัวนำทั่วไป

ต่อ

$$V = IR = (10)(21.193)(\text{A} \cdot \Omega) = 211.93 \text{ V}$$

$$E = \frac{V}{L} = \frac{211.93 \text{ V}}{1609 \text{ m}} = 0.132$$

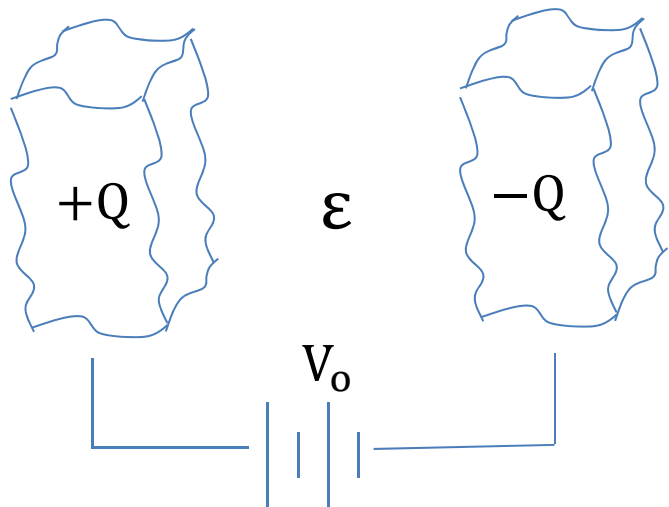
$$\begin{aligned} J = \sigma E = \frac{I}{A} = \sigma E &= (5.8 \times 10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}})(0.132 \frac{\text{V}}{\text{m}}) \\ &= 7.656 \times 10^6 = 7,656,000 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \quad \text{Ans} \\ &= \frac{I}{A} = \frac{10\text{A}}{1.309 \times 10^{-6}\text{m}^2} = 7,639,419 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \quad \text{Ans} \end{aligned}$$



บทที่ 6 ไดอิเล็กตริกและค่าความจุไฟฟ้า

ความจุไฟฟ้า (Capacitance)

ตัวเก็บประจุในทางปฏิบัติจะประกอบด้วยแท่งตัวนำ 2 แท่ง วางห่างซึ่งมีอากาศหรือไดอิเล็กตริกชนิดใดชนิดหนึ่งอยู่ระหว่างกลาง ดังรูป



ความจุไฟฟ้าจะมีนิยามตามสมการ

$$C = \frac{Q}{V_0} = \frac{\oint_s \epsilon \bar{E} \cdot d\bar{s}}{-\int \bar{E} \cdot d\bar{l}}$$

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (\text{F})$$



บทที่ 6 ไดอิเล็กทริกและค่าความจุไฟฟ้า

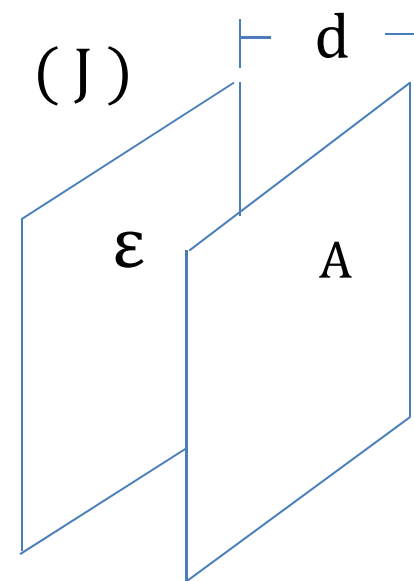
ความจุไฟฟ้า (Capacitance)

พลังงานไฟฟ้า W_E ที่สะสมเป็นสนามไฟฟ้าอยู่ในตัวเก็บประจุ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าขนาด Q และมีแรงดัน V_0 คร่อมอยู่จะได้

$$W_E = \frac{1}{2} QV_0 = \frac{1}{2} CV_0^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

โดยที่ตัวเก็บประจุพื้นฐานจะมี 2 แบบด้วยกัน คือ ชนิดแผ่น

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

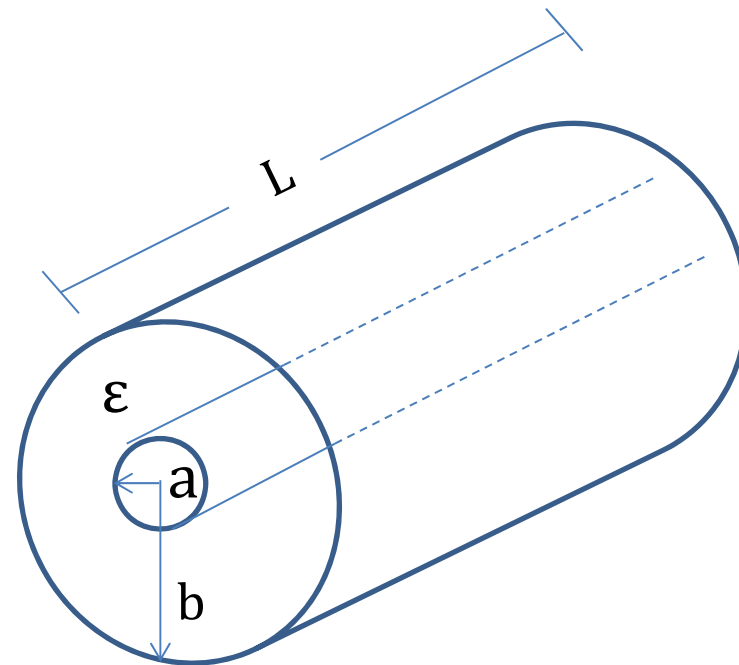


บทที่ 6 ไดอิเล็กทริกและค่าความจุไฟฟ้า

ความจุไฟฟ้า (Capacitance)

ชนิดโคแอกเซียล

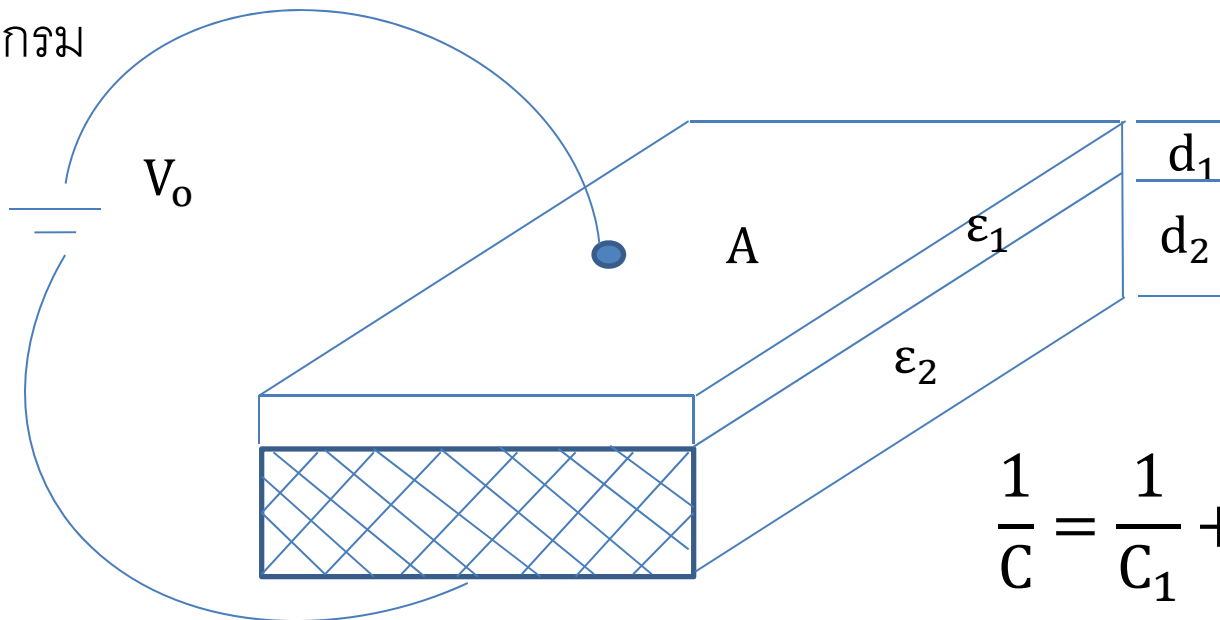
$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln \frac{b}{a}}$$



บทที่ 6 ไดอิเล็กตริกและค่าความจุไฟฟ้า

 ตัวเก็บประจุที่ประกอบด้วยวัสดุไดอิเล็กตริกหลายชั้น
จะใช้การคำนวณหาค่า C แต่ละชั้นก่อน แล้วจึงคำนวณ C รวมแบบอนุกรมหรือขนาน

แบบอนุกรม



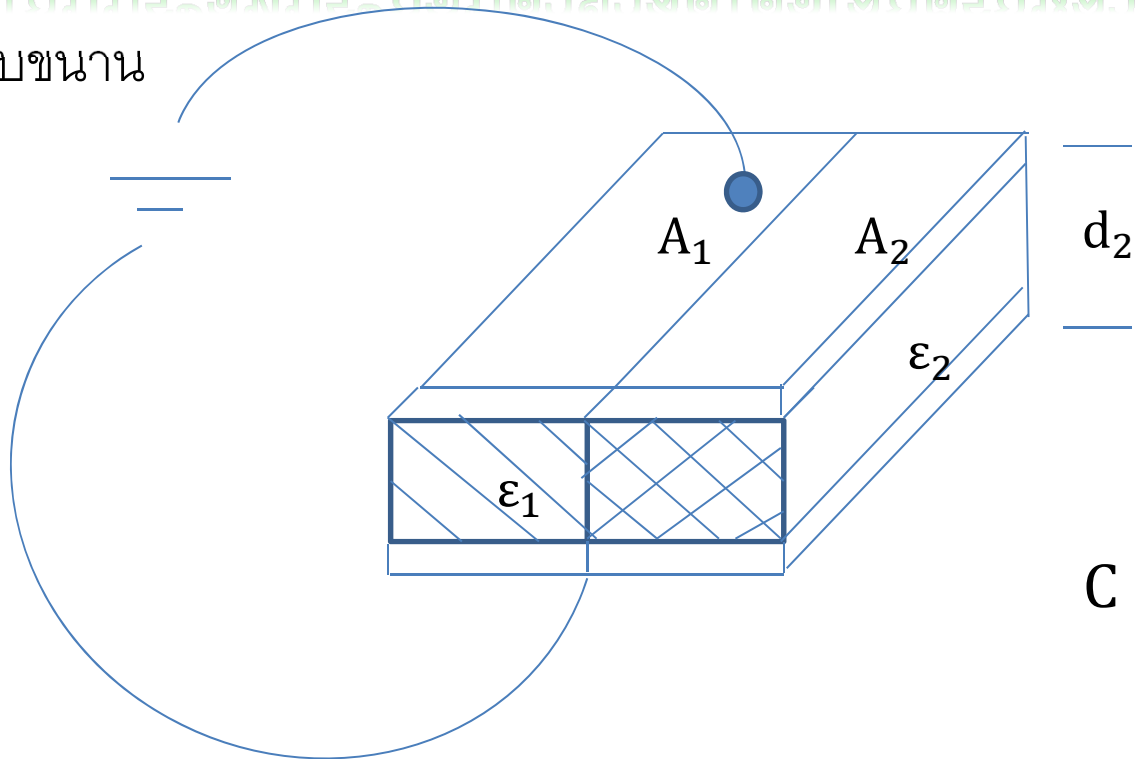
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{อนุกรม}$$



บทที่ 6 ไดอิเล็กตริกและค่าความจุไฟฟ้า

ตัวเก็บประจุที่ประกอบด้วยวัสดุไดอิเล็กตริกหลายชั้น

แบบขนาน



$$C = C_1 + C_2 \quad \text{ขนาน}$$



บทที่ 6 ไดอิเล็กตริกและค่าความจุไฟฟ้า

 ตัวเก็บประจุที่ประกอบด้วยวัสดุไดอิเล็กตริกหลายชั้น

ตัวอย่าง ตัวเก็บประจุมีไมก้าเป็นไดอิเล็กตริก $\epsilon_r = 6$ โดยมีเพลทพื้นที่ 10 ตารางหน่วย และเพลทแยกออกจากกันเป็นระยะห่าง 0.01 นิ้ว จงหา C นี้

วิธีทำ

$$A = 10 \times (0.0254)^2 = 6.45 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = 0.01 \times 0.0254 = 2.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{d} A = \frac{6 \times 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot 6.45 \times 10^{-3} \text{ m}^2}{2.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$C = 1349 \text{ nF} = 1.349 \times 10^{-9} \text{ F} \quad \text{Ans}$$



บทที่ 6 ไดอิเล็กตริกและค่าความจุไฟฟ้า

จบเนื้อหา

