



Nội dung

- Khái niệm, giải tích vector
- Định luật Coulomb và cường độ điện trường
- Luật Gauss và dịch chuyển điện
- Năng lượng và điện thế
- Vật dẫn, điện môi và điện dung
- Dòng điện không đổi
- Giải phương trình Laplace-Poisson
- Trường điện từ dừng
- Lực từ, vật liệu từ, điện cảm
- Hệ phương trình Maxwell-Trường điện từ biến thiên



Vật dẫn điện trong trường dừng

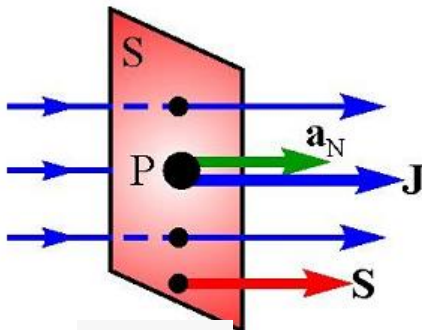
■ Dòng điện:

Là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện dương (tốc độ biến thiên của điện tích theo thời gian qua một điểm, một mặt phẳng cho trước).

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

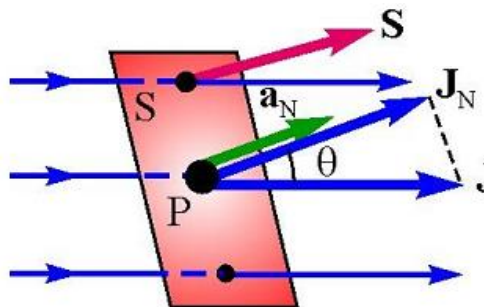
Tổng dòng điện qua mặt S có mật độ dòng điện \mathbf{J} :

$$I = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$$



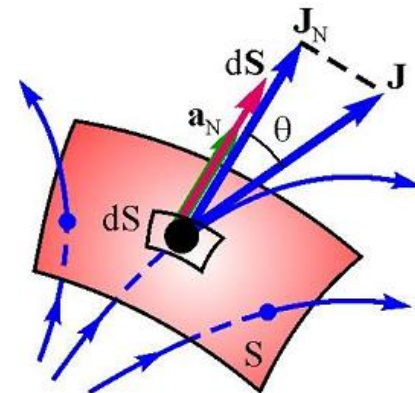
$$I = JS$$

$$I = \mathbf{J} \cdot \mathbf{S}$$



$$I = JS \cos \theta$$

$$I = \mathbf{J} \cdot \mathbf{S}$$



$$I = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$$



Mật độ dòng điện

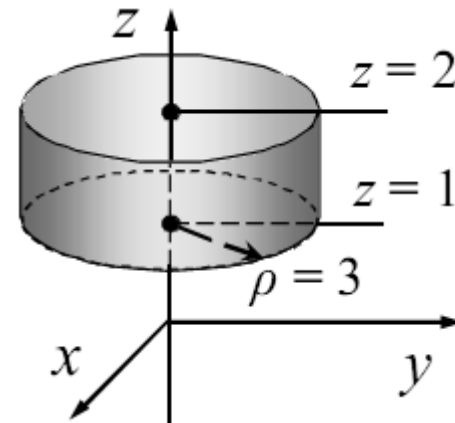
- Ví dụ 1: Cho $\mathbf{J} = 10\rho^2 z \mathbf{a}_\rho - 4\rho \cos^2 \varphi \mathbf{a}_\varphi$ mA/m². Tính dòng điện tổng chảy ra khỏi mặt đứng của hình trụ.

$$I = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{J}|_{\rho=3} \cdot d\mathbf{S}$$

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{J}|_{\rho=3} &= 10 \cdot 3^2 z \mathbf{a}_\rho - 4 \cdot 3 \cos^2 \varphi \mathbf{a}_\varphi \\ &= 90z \mathbf{a}_\rho - 12 \cos^2 \varphi \mathbf{a}_\varphi \\ d\mathbf{S} &= \rho d\varphi dz \mathbf{a}_\rho = 3 d\varphi dz \mathbf{a}_\rho \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \mathbf{J}|_{\rho=3} \cdot d\mathbf{S} = 270z d\varphi dz$$

$$\rightarrow I = \int_{z=1}^{z=2} \int_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi} 270z d\varphi dz = \int_{z=1}^{z=2} 2\pi \cdot 270z dz = 2,54 \text{ A}$$





Dòng điện-Mật độ dòng điện

- Ví dụ 2: Tính dòng điện qua một dây dẫn hình trụ bán kính 2mm.
Biết mật độ dòng điện biến thiên theo trục $J = 10^3 e^{-400\rho} \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$

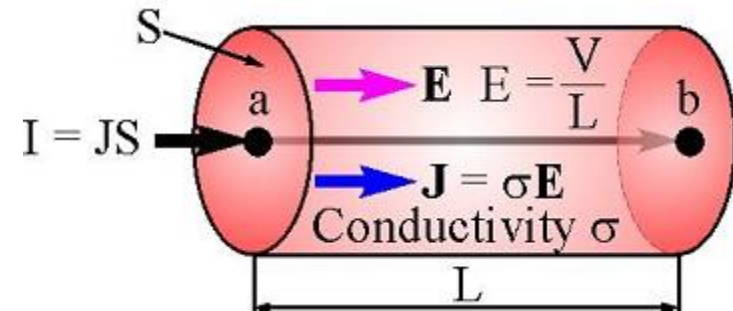
$$\begin{aligned} I &= \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = \int J \cdot dS = \int_0^{2\pi} \int_0^{0,002} (10^3 e^{-400\rho}) (\rho d\rho d\phi) = (10^3) \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^{0,002} e^{-400\rho} \rho d\rho \\ &= (10^3) \cdot (2\pi) \cdot \left[\frac{e^{-400\rho}}{(-400)^2} (-400\rho - 1) \right]_0^{0,002} = 7,51 \text{ mA} \end{aligned}$$



Định luật Ohm

❖ Với dây dẫn đều

$$I = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = JS \rightarrow J = \frac{I}{S}$$



- Hiệu điện thế giữa a và b:

$$V = V_{ab} = -\int_b^a \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = -\mathbf{E} \int_b^a d\mathbf{L} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{L}_{ab} = E \cdot L$$

- Mặt khác: $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \leftrightarrow \mathbf{E} = \frac{\mathbf{J}}{\sigma}$ với σ là độ dẫn điện của vật dẫn

- Do đó: $V = EL = \left(\frac{J}{\sigma} \right) L = \frac{J}{\sigma} L \leftrightarrow V = \frac{\left(\frac{I}{S} \right)}{\sigma} L = \frac{I}{\sigma S} L = \frac{L}{\sigma S} I$

- Điện trở của dây dẫn đều:

$$R = \frac{L}{\sigma S} \rightarrow V = RI \quad (\text{định luật Ohm})$$

- Để biểu thị sự cản trở dẫn điện, còn dùng khái niệm điện trở suất ρ_e [$\Omega \cdot m$]

$$\rho_e = \frac{1}{\sigma} \rightarrow V = \frac{1}{\rho_e} I$$



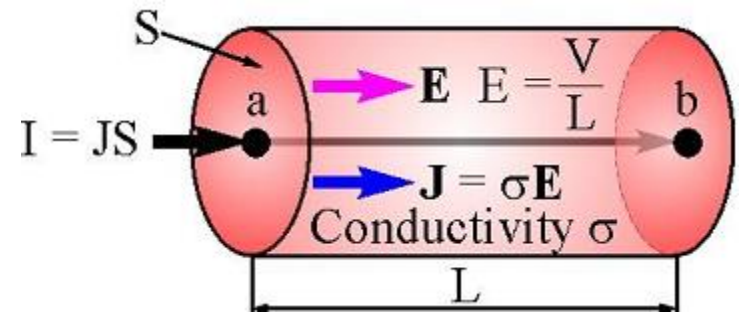
Định luật Ohm

- Ví dụ 3: Đặt giữa hai đầu một vật dẫn dài 150 m một hiệu điện thế 1,3 V, với mật độ dòng điện $4,65.10^5 \text{ A/m}^2$. Tìm độ dẫn điện của vật dẫn?

Từ công thức: $V = V_{ab} = -\int_b^a \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = E.L$

$$\rightarrow E = \frac{V}{L}$$

Mặt khác: $J = \sigma E$



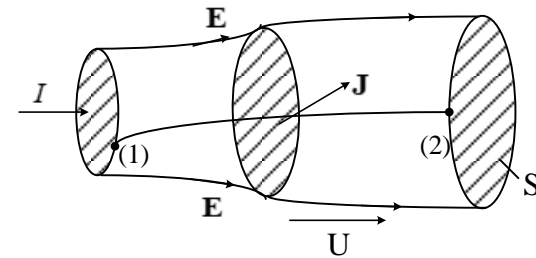
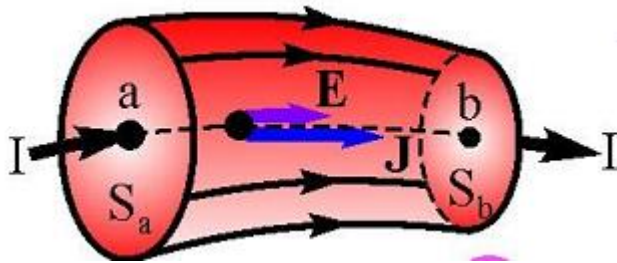
Do đó: $\sigma = \frac{J}{E} = \frac{J}{\left(\frac{V}{L}\right)} = \frac{JL}{V}$

$$= \frac{(4,65.10^5).(150)}{1,3} = 5,37.10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}}$$



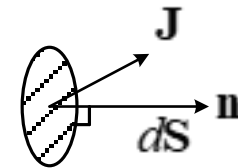
Định luật Ohm

❖ Với dây dẫn không đều



▪ Điện trở theo định luật Ohm:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{-\int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}}{\int_S \sigma \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}$$





- **BT 1** : Dây dẫn trụ tròn bán kính b , chiều dài L , mật độ điện dẫn σ , mang dòng điện I đi qua diện tích S_b .

a) Tính cường độ trường trong trụ dẫn.

Mật độ dòng điện trong trụ dẫn: $\mathbf{J} = \frac{I}{S_b} \mathbf{a}_z$

Cường độ điện trường trong trụ dẫn:

$$\begin{aligned}\mathbf{E} &= \frac{\mathbf{J}}{\sigma} = \left(\frac{I}{S_b} \mathbf{a}_z \right) \frac{1}{\sigma} = \frac{I}{\sigma S_b} \mathbf{a}_z \\ &= \frac{I}{\sigma (\pi b^2)} \mathbf{a}_z = \frac{I}{\pi \sigma b^2} \mathbf{a}_z\end{aligned}$$



b) Tính $\int_V \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dV$

$$\int_V \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dV = \int_{z=0}^L \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^b \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dV = \int_{z=0}^L \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^b \left(\frac{I}{\sigma S_b} \mathbf{a}_z \right) \cdot \left(\frac{I}{S_b} \mathbf{a}_z \right) (\rho d\rho d\phi dz)$$

$$= \int_{z=0}^L \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^b \left(\frac{I}{\sigma S_b} \frac{I}{S_b} \right) (\mathbf{a}_z \cdot \mathbf{a}_z) (\rho d\rho d\phi dz)$$

$$= \left(\frac{I}{\sigma S_b} \frac{I}{S_b} \right) \int_{z=0}^L dz \int_{\phi=0}^{2\pi} d\phi \int_{\rho=0}^b \rho d\rho = \left(\frac{I^2}{\sigma S_b^2} \right) \cdot (L) \cdot (2\pi) \cdot \left(\frac{\rho^2}{2} \right) \Big|_0^b$$

$$= \left(\frac{I^2}{\sigma (\pi b^2)^2} \right) \cdot (L) \cdot (2\pi) \cdot \left(\frac{b^2}{2} \right) = \frac{I^2 L}{\sigma \pi b^2} = \frac{I^2 L}{\sigma (\pi b^2)} = \left(\frac{L}{\sigma S_b} \right) I^2 = RI^2$$

$$R = \frac{L}{\sigma S_b}$$

R là điện trở của trụ dẫn chiều dài L, với điện dẫn σ và diện tích S_b

Lượng $\int_V \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dV$ thể hiện tổng tiêu hao Ohm ở thể tích V



- **BT 2:** Cho vật dẫn điện bằng đồng hình trụ tròn có diện tích $S=3,31.10^{-6} \text{ m}^2$ dài $L=15,24 \text{ m}$, mang dòng điện 20 A . Tìm cường độ điện trường E , hiệu điện thế và điện trở trên đơn vị dài của vật dẫn.

Biết điện dẫn suất của đồng: $\sigma = 5,8.10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}}$

$$J = \frac{I}{S} = \frac{20}{3,31.10^{-6}} = 6,04.10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

$$E = \frac{J}{\sigma} = \frac{6,04.10^6}{5,8.10^7} = 104.10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$V = EL = (104.10^{-3}).(15,24) = 1,59 \text{ V}$$

$$R = \frac{V}{I} = 7,95.10^{-2} \Omega$$

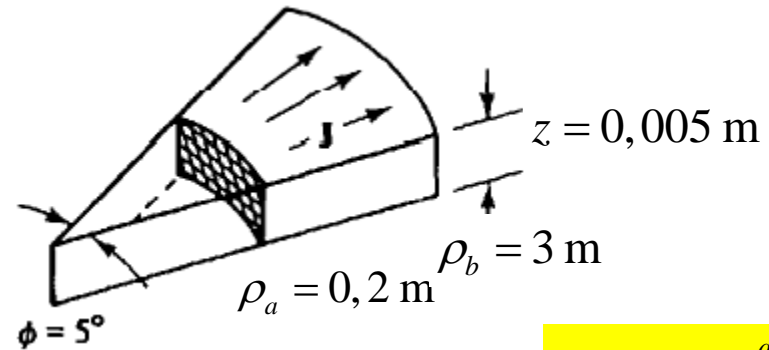


- **BT 3***: Tìm điện trở giữa mặt cong (trong và ngoài), biết dòng điện I đi qua cả hai mặt này. Biết vật liệu dẫn điện có điện dẫn suất:

$$\sigma = 6,17 \cdot 10^7 \text{ S/m} \quad \mathbf{J} = \frac{k}{\rho} \mathbf{a}_\rho$$

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E} = \frac{1}{\sigma} \cdot \left(\frac{k}{\rho} \mathbf{a}_\rho \right) = \frac{k}{\sigma \rho} \mathbf{a}_\rho$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\int_{0,2}^3 \left(\frac{k}{\sigma \rho} \mathbf{a}_\rho \right) \cdot (d\rho \mathbf{a}_\rho)}{\int_0^{0,05} \int_0^{0,0873} \left(\frac{k}{\rho} \mathbf{a}_\rho \right) \cdot (\rho d\phi dz \mathbf{a}_\rho)}$$



$$(5^\circ = 0,0873 \text{ rad})$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{-\int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}}{\int_s \sigma \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\frac{k}{\sigma} \int_{0,2}^3 \frac{1}{\rho} d\rho}{k \int_0^{0,05} dz \int_0^{0,0873} \left(\frac{\rho}{\rho} \right) \cdot (\mathbf{a}_\rho \mathbf{a}_\rho) \cdot d\phi} = \frac{\frac{k}{\sigma} \cdot \int_{0,2}^3 \frac{1}{\rho} d\rho}{k \int_0^{0,05} dz \int_0^{0,0873} d\phi} \\ &= \frac{\frac{k}{\sigma} \cdot (\ln \rho) \Big|_{0,2}^3}{k \cdot \left[(z) \Big|_{0,2}^{0,3} \right] \cdot \left[(\phi) \Big|_0^{0,0873} \right]} = \frac{k}{\sigma} \cdot \frac{[\ln(3) - \ln(0,2)]}{k \cdot (0,1) \cdot (0,0873)} \\ &= \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\ln\left(\frac{3}{0,2}\right)}{(0,1) \cdot (0,0873)} = \frac{\ln(15)}{(6,17 \cdot 10^7) \cdot (0,05) \cdot (0,0873)} = 1,01 \cdot 10^{-5} \Omega \end{aligned}$$



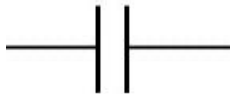
Liên hệ với tụ điện và điện dung

- Điện dung:

$$C = \frac{Q}{|V_{AB}|} = \frac{\left| \oint_S \epsilon \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} \right|}{\left| \int_B^A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} \right|}$$

- Với tụ phẳng

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon S}{d}$$

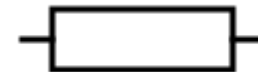


- Điện trở:

$$R = \frac{V_{ab}}{I} = \frac{-\int_b^a \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}}{\int_S \sigma \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}$$

- Với dây dẫn đều

$$R = \frac{L}{\sigma S}$$





Phương trình liên tục

❖ Dòng điện chảy ra khỏi mặt kín: $I = \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$

Theo định luật bảo toàn điện tích: $I = \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = \frac{-dQ}{dt}$

Theo định lý divergence: $\oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = \int_V (\nabla \cdot \mathbf{J}) dv$

$$\rightarrow \int_V (\nabla \cdot \mathbf{J}) dv = \frac{-dQ}{dt}$$

$$Q = \int_V \rho_v dv$$

$$\rightarrow \int_V (\nabla \cdot \mathbf{J}) dv = \frac{-d}{dt} \int_V \rho_v dv = \int_V \frac{-\partial \rho_v}{\partial t} dv$$

Với Δv nhỏ: $(\nabla \cdot \mathbf{J}) \Delta v = \frac{-\partial \rho_v}{\partial t} \Delta v$

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = \frac{-\partial \rho_v}{\partial t}$$

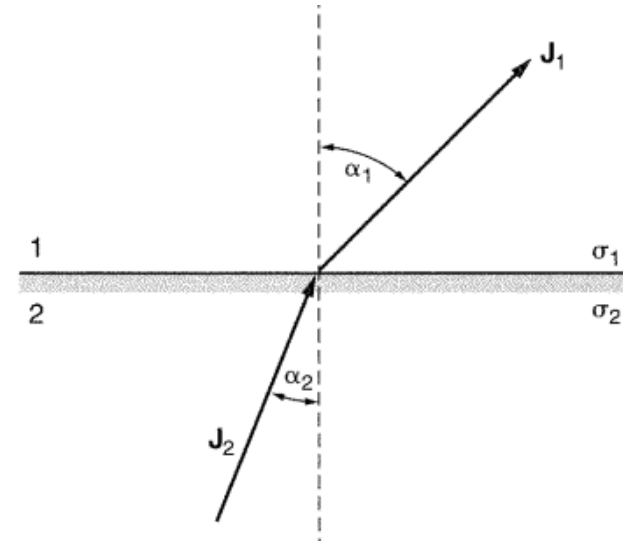


Điều kiện bờ

- Điều kiện bờ ở hai lớp dẫn điện có điện dẫn suất σ_1, σ_2 :

$$E_{t1} = E_{t2} \quad \text{hoặc} \quad \frac{J_{t1}}{\sigma_1} = \frac{J_{t2}}{\sigma_2}$$

$$J_{n1} = J_{n2} \quad \text{hoặc} \quad \sigma_1 E_{n1} = \sigma_2 E_{n2}$$



- So sánh với điều kiện bờ ở hai lớp điện môi ϵ_1, ϵ_2 :

$$E_{t1} = E_{t2} \quad \text{hoặc} \quad \frac{D_{t1}}{D_{t2}} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$$

Nếu lớp tiếp giáp hai điện môi không có điện tích tự do

$$D_{n1} = D_{n2} \quad \text{hoặc} \quad \epsilon_1 E_{n1} = \epsilon_2 E_{n2}$$

$$D_{n1} - D_{n2} = \rho_{s \text{ free}}$$



Sự tương tự giữa bài toán dòng điện & điện dung

$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}_\sigma$	$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}_\varepsilon$
$E_\sigma = -\nabla V_\sigma$	$E_\varepsilon = -\nabla V_\varepsilon$

$$\left. \begin{array}{l} I = \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = \sigma \oint_S \mathbf{E}_\sigma \cdot d\mathbf{S} \\ V_{\sigma 0} = -\int \mathbf{E}_\sigma \cdot d\mathbf{L} \\ Q = \varepsilon \oint_S \mathbf{E}_\varepsilon \cdot d\mathbf{S} \\ V_{\varepsilon 0} = -\int \mathbf{E}_\varepsilon \cdot d\mathbf{L} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R = \frac{V_{\sigma 0}}{I} = \frac{-\int \mathbf{E}_\sigma \cdot d\mathbf{L}}{\sigma \oint_S \mathbf{E}_\sigma \cdot d\mathbf{S}} \\ C = \frac{Q}{V_{\varepsilon 0}} = \frac{\varepsilon \oint_S \mathbf{E}_\varepsilon \cdot d\mathbf{S}}{-\int \mathbf{E}_\varepsilon \cdot d\mathbf{L}} \end{array} \right.$$

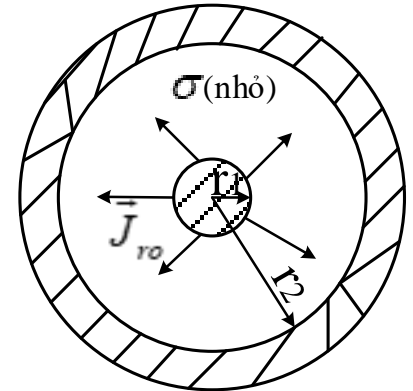
$$\rightarrow \boxed{RC = \frac{\varepsilon}{\sigma}}$$



Điện dẫn rò- Điện trở cách điện

- Khi có dòng rò từ lõi ra vỏ: $I_{ro} = \oint_S \mathbf{J}_{ro} \cdot d\mathbf{S}$

Biết điện áp giữa lõi và vỏ là U



- Điện dẫn rò:

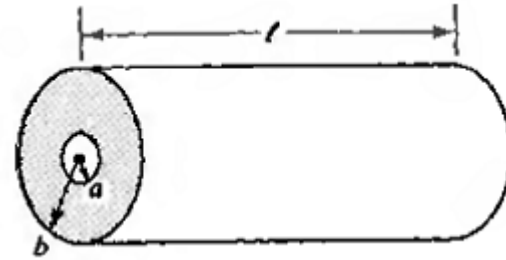
$$G_{ro} = \frac{I_{ro}}{U} = \frac{\oint_S \mathbf{J}_{ro} \cdot d\mathbf{S}}{\int_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}} = \frac{\oint_S \sigma \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}{\int_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}}$$

- Điện trở cách điện:

$$R_{cd} = \frac{1}{G_{ro}} = \frac{U}{I_{ro}} = \frac{\int_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}}{\oint_S \sigma \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}$$



- Ví dụ 4: Cho cáp đồng trục chiều dài l , bán kính trụ trong a , bán kính trụ ngoài b . Tính điện trở cách điện của cáp (điện trở của lớp cách điện giữa hai trụ)



Giả sử dòng điện rò $I_{rò}$ hướng từ trụ dẫn trong ra bên ngoài. Tại một vị trí bán kính ρ , có mật độ dòng điện:

$$J_{rò} = \frac{I_{rò}}{S} = \frac{I_{rò}}{(2\pi\rho\ell)} \rightarrow E_{\rho} = \frac{J_{rò}}{\sigma} = \frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\rho\ell}$$

Hiệu điện thế giữa hai trụ dẫn:

$$\begin{aligned} U = V_{ab} &= -\int_b^a \frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\rho\ell} d\rho = -\frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\ell} \int_b^a \frac{1}{\rho} d\rho = -\frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\ell} \ln \rho \Big|_b^a = -\frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\ell} (\ln a - \ln b) \\ &= \frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\ell} (\ln b - \ln a) = \frac{I_{rò}}{2\pi\sigma\ell} \ln \frac{b}{a} \end{aligned}$$

Điện trở cách điện:

$$R_{cd} = \frac{U}{I_{rò}} \rightarrow R_{cd} = \frac{1}{2\pi\sigma\ell} \ln \frac{b}{a}$$



Phương pháp soi gương (ảnh điện)

- Soi ảnh một điện tích điểm Q qua một phẳng dẫn

Thế ở bề mặt phẳng dẫn bằng 0

$+Q \bullet$

Mặt phẳng dẫn, $V = 0$

Có thể thay môi trường dẫn và điện tích trên mặt bằng điện tích $-Q$

Điện tích $-Q$ gọi là ảnh của điện tích Q qua mặt dẫn

$+Q \bullet$

Mặt phẳng dẫn, $V = 0$



$+Q \bullet$

Mặt đẳng thế, $V = 0$

$-Q \bullet$

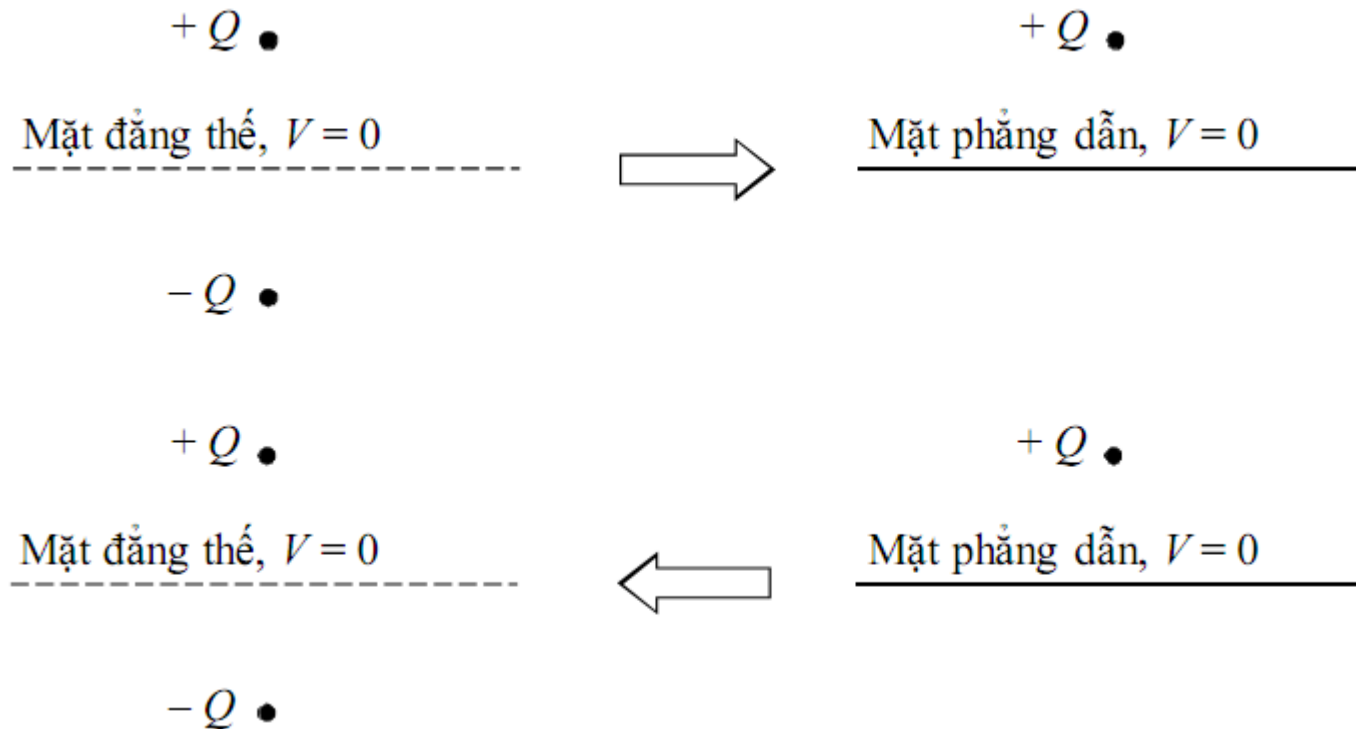
Khi đó có một lưỡng cực điện: Q và $-Q$

Với lưỡng cực: mặt phẳng ở giữa hai cực là mặt có điện thế bằng không

- Mặt phẳng đó có thể biểu diễn bằng một mặt dẫn rất mỏng, rộng vô hạn
Do đó có thể thay lưỡng cực bằng một điện tích và một mặt phẳng dẫn điện mà không làm thay đổi các trường phía trên mặt dẫn



Phương pháp soi gương (ảnh điện)

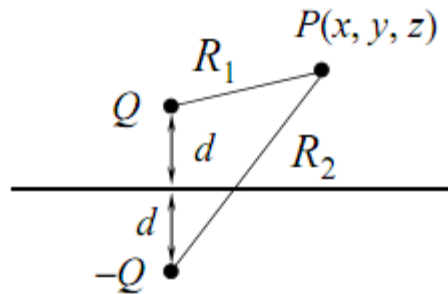
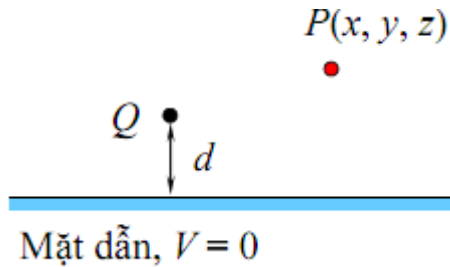
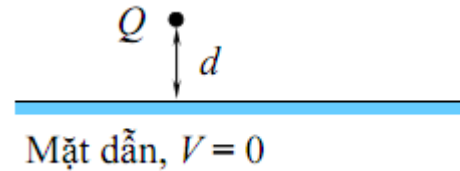




- Ví dụ 5 : Xét điện tích Q ở $(0,0,d)$.

Tính điện thế và điện trường ở điểm $P(x,y,z)$

$P(x, y, z)$



$$V_{+Q} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_1} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{x^2 + y^2 + (z-d)^2}}$$

$$V_{-Q} = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 R_2} = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{x^2 + y^2 + (z+d)^2}}$$



$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z-d)^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z+d)^2}} \right]$$

$$\mathbf{E} = -\nabla V = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\left(\frac{x}{R_2^3} - \frac{x}{R_1^3} \right) \mathbf{a}_x + \left(\frac{y}{R_2^3} - \frac{y}{R_1^3} \right) \mathbf{a}_y + \left(\frac{z+d}{R_2^3} - \frac{z-d}{R_1^3} \right) \mathbf{a}_z \right]$$



Bài tập

■ BT1:

Tính dòng điện qua một dây dẫn hình trụ bán kính 2mm.

Biết mật độ dòng điện biến thiên theo trục $J = 10^3 e^{-400\rho} \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$

$$\begin{aligned} I &= \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = \int J \cdot dS = \int_0^{2\pi} \int_0^{0,002} 10^3 e^{-400\rho} \rho d\rho d\phi \\ &= 2\pi(10)^3 \left[\frac{e^{-400\rho}}{(-400)^2} (-400\rho - 1) \right] \Bigg|_0^{0,002} = 7,51 \text{ mA} \end{aligned}$$

- BT2: Đặt giữa hai đầu một vật dẫn dài 150m một hiệu điện thế 1,3V, với mật độ dòng điện $4,65 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$. Tìm độ dẫn điện của vật dẫn?

$$E = \frac{V}{L}; \quad J = \sigma E \rightarrow \sigma = \frac{JV}{L} = 5,37 \cdot 10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}}$$



- **BT3:** Dây dẫn trụ tròn bán kính a , chiều dài L , mật độ điện dẫn σ , mang dòng điện I đi qua diện tích S_A . Tính cường độ trường trong trụ dẫn.

Tính $\int_v \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dv$

Mật độ dòng điện trong trụ dẫn: $\mathbf{J} = \frac{I}{S_A} \mathbf{a}_z$

Cường độ điện trường trong trụ dẫn: $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{J}}{\sigma} = \frac{I}{\sigma S_A} \mathbf{a}_z$

Tính: $\int_v \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dv$

$$\begin{aligned} \int_v \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dv &= \int_{z=0}^L \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^{\rho} \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dv = \int_{z=0}^L \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^{\rho} \frac{I}{\sigma S_A} \mathbf{a}_z \cdot \frac{I}{\sigma S_A} \mathbf{a}_z \rho d\rho d\phi dz \\ &= \frac{I^2 L}{\sigma S_A} = \frac{I^2 L}{\sigma (\pi a^2)} = RI^2 \end{aligned}$$

Với $R = \frac{L}{\sigma S_A}$ là điện trở của trụ dẫn chiều dài L , với điện dẫn σ và diện tích S_A

Lượng $\int_v \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dv$ thể hiện tổng tiêu hao Ohm ở thể tích V

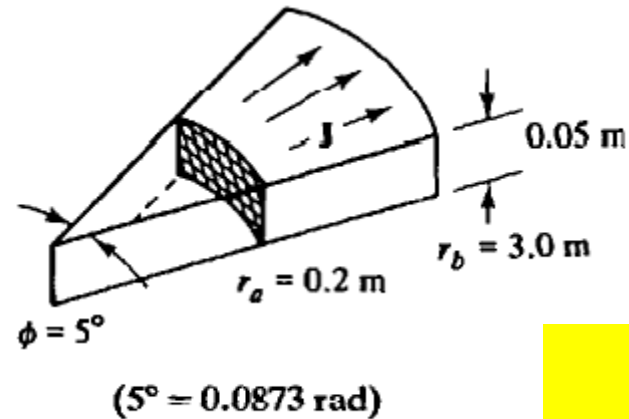


- BT4: Tìm điện trở giữa mặt cong (trong và ngoài), biết dòng điện I đi qua cả hai mặt này. Vật liệu dẫn điện có điện dẫn suất

$$\sigma \approx 6.17 \times 10^7 \text{ S/m.}$$

$$\mathbf{J} = \frac{k}{\rho} \mathbf{a}_\rho$$

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E} = \frac{k}{\sigma \rho} \mathbf{a}_\rho$$



$$R = \frac{U}{I} = \frac{-\int_b^a \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}}{\int_S \sigma \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\int_{0.2}^{3.0} \frac{k}{\sigma \rho} \mathbf{a}_\rho \cdot d\rho \mathbf{a}_\rho}{\int_0^{0.05} \int_0^{0.0873} \frac{k}{\rho} \mathbf{a}_\rho \cdot \rho d\phi dz \mathbf{a}_\rho}$$

$$= \frac{\ln 15}{\sigma(0.05)(0.0873)} = 1.01 \cdot 10^{-5} \Omega$$



- **BT5:** Cho vật dẫn điện bằng đồng hình trụ tròn có diện tích $A=3,31.10^{-6} \text{ m}^2$ dài 15,24m, mang dòng điện 20A. Tìm E , hiệu điện thế và điện trở trên đơn vị dài của vật dẫn. Biết điện dẫn suất của đồng: $\sigma = 5,8.10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}}$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{20}{3,31.10^{-6}} = 6,04.10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

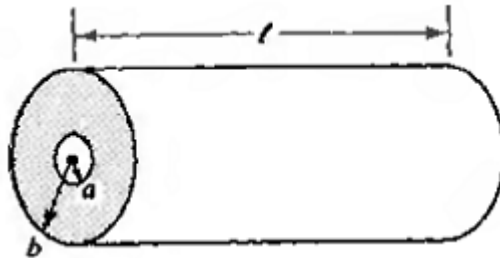
$$E = \frac{J}{\sigma} = \frac{6,04.10^6}{5,8.10^7} = 1,04.10^{-1} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$V = E\ell = (1,04.10^{-1}).15,24 = 1,59\text{V}$$

$$R = \frac{V}{I} = 7,95.10^{-2} \Omega$$



- **BT6:** Cho cáp đồng trục chiều dài l , bán kính trụ trong a , bán kính trụ ngoài b .
Tính điện trở cách điện của cáp (điện trở của lớp cách điện giữa hai trụ)



Giả sử dòng điện I hướng từ trụ dẫn trong ra bên ngoài. Tại một vị trí bán

kính ρ , có mật độ dòng điện: $J = \frac{I}{A} = \frac{I}{2\pi\rho\ell}$

$$\rightarrow E = \frac{I}{2\pi\sigma\rho\ell}$$

Hiệu điện thế giữa hai trụ dẫn:

$$V_{ab} = -\int_b^a \frac{I}{2\pi\sigma\rho\ell} d\rho = \frac{I}{2\pi\sigma\ell} \ln \frac{b}{a}$$

Điện trở cách điện:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1}{2\pi\sigma\ell} \ln \frac{b}{a}$$