



# Lý thuyết trường điện từ

Dẫn sóng & bức xạ

# Nội dung

1. Giới thiệu
2. Giải tích véctơ
3. Luật Coulomb & cường độ điện trường
4. Dịch chuyển điện, luật Gauss & ðive
5. Năng lượng & điện thế
6. Dòng điện & vật dẫn
7. Điện môi & điện dung
8. Các phương trình Poisson & Laplace
9. Từ trường ðùng
10. Lực từ & điện cảm
11. Trường biến thiên & hệ phương trình Maxwell
12. Sóng phẳng
13. Phản xạ & tán xạ sóng phẳng
- 14. Dẫn sóng & bức xạ**



## Dẫn sóng & bức xạ

- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- Dẫn sóng chữ nhật
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- Cáp quang
- Các nguyên lý cơ bản của anten



# Trường của đường dây dài (1)

$$V_s(z) = V_0 e^{-j\beta z}$$

$$I_s(z) = \frac{V_0}{Z_0} e^{-j\beta z}$$

với  $Z_0 = \sqrt{L/C}$

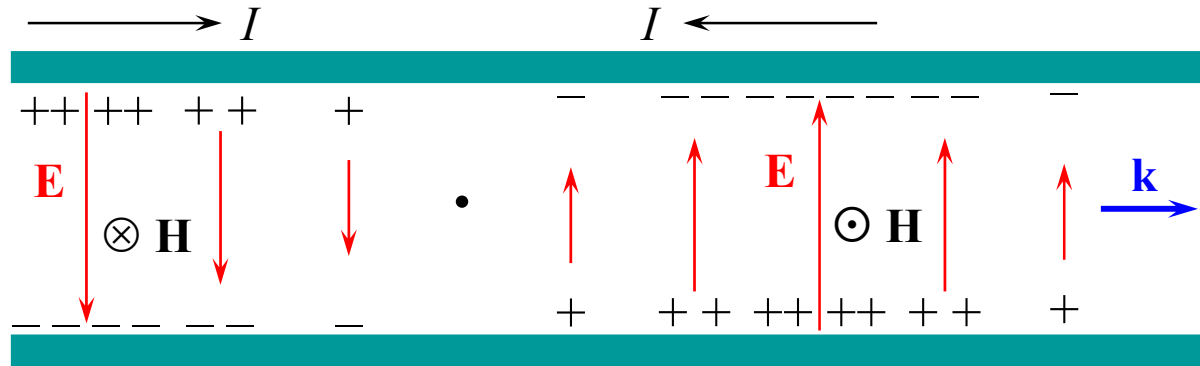
$$E_{sx}(z) = \frac{V_s}{d} = \frac{V_0}{d} e^{-j\beta z}$$

$$H_{sy}(z) = K_{sz} = \frac{I_s}{b} = \frac{V_0}{bZ_0} e^{-j\beta z}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{sx}(z) = \frac{V_s}{d} = \frac{V_0}{d} e^{-j\beta z} \\ H_{sy}(z) = K_{sz} = \frac{I_s}{b} = \frac{V_0}{bZ_0} e^{-j\beta z} \end{array} \right\} \rightarrow P_z = \int_0^b \int_0^d \frac{1}{2} \text{Re}\{E_{xs} \hat{H}_{ys}\} dx dy$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V_0}{d} \frac{\hat{V}_0}{b\hat{Z}_0} (bd)$$

$$= \frac{|V_0|^2}{2\hat{Z}_0} = \frac{1}{2} \text{Re}[V_s \hat{I}_s]$$





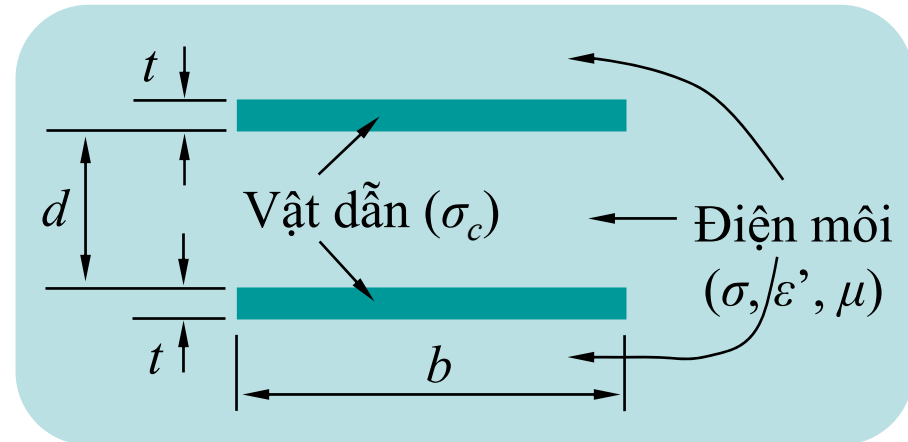
## Trường của đường dây dài (2)

$$C = \frac{\epsilon' b}{d}$$

$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{\sigma b}{d}$$

$$L \approx L_{\text{ngoài}} = \frac{\mu d}{b}$$

$$R = \frac{2}{\sigma_c \delta b}$$



$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{d}{b} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon'}}$$



## Trường của đường dây dài (3)

$$C = \frac{2\pi\epsilon'}{\ln(b/a)}$$

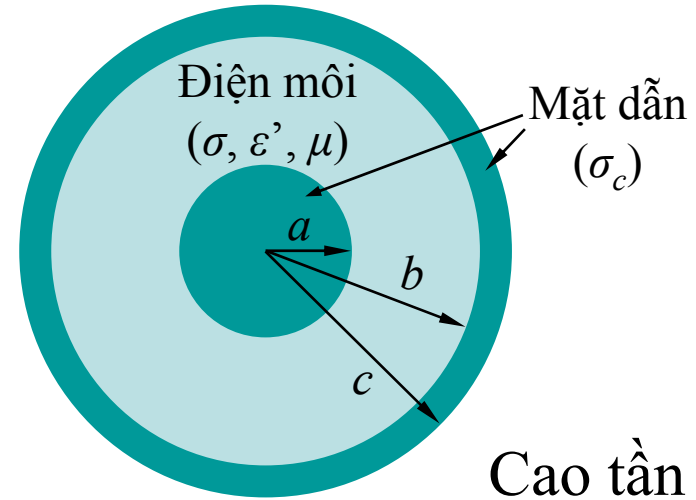
$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{2\pi\sigma}{\ln(b/a)}$$

$$L_{\text{ngoài}} = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

$$R_{\text{trong}} = \frac{1}{2\pi a \delta \sigma_c}, \quad R_{\text{ngoài}} = \frac{1}{2\pi b \delta \sigma_c}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \delta \sigma_c} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_{\text{ngoài}}}{C}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon'}} \ln \frac{b}{a}$$





## Trường của đường dây dài (4)

$$C = \frac{2\pi\epsilon'}{\ln(b/a)}$$

$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{2\pi\sigma}{\ln(b/a)}$$

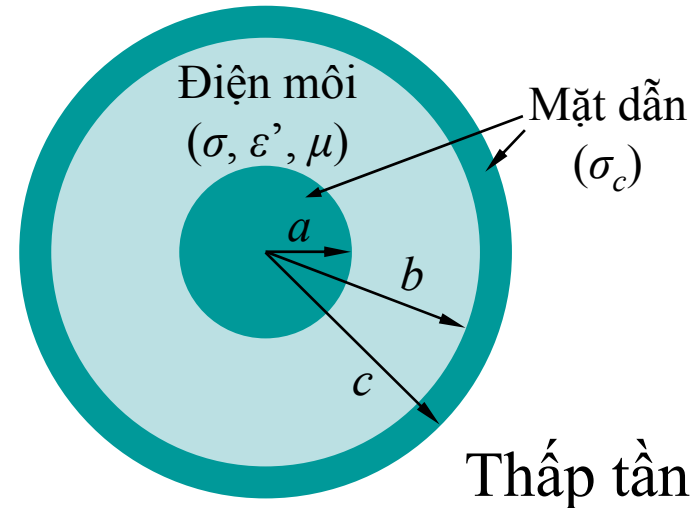
$$R_{\text{trong}} = \frac{l}{\sigma_c S} = \frac{1}{\sigma_c (\pi a^2)}$$

$$R_{\text{ngoài}} = \frac{1}{\sigma_c [\pi(c^2 - b^2)]}$$

$$R = \frac{1}{\pi\sigma_c} \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2 - b^2} \right)$$

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \left[ \ln \frac{b}{a} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4(c^2 - b^2)} \left( b^2 - 3c^2 + \frac{4c^2}{c^2 - b^2} \ln \frac{c}{b} \right) \right]$$

Dẫn sóng & bức xạ





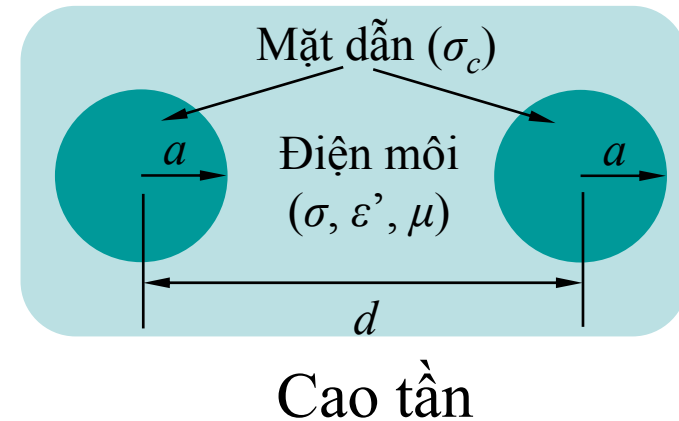
## Trường của đường dây dài (5)

$$C = \frac{\pi \epsilon'}{\cosh^{-1}(d/2a)} \approx \frac{\pi \epsilon'}{\ln(d/a)} \quad (a \ll d)$$

$$L_{\text{ngoài}} = \frac{\mu}{\pi} \cosh^{-1}(d/2a) \approx \frac{\mu}{\pi} \ln \frac{d}{a} \quad (a \ll d)$$

$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{\pi \sigma}{\cosh^{-1}(d/2a)}$$

$$R = \frac{1}{\pi a \delta \sigma_c}$$







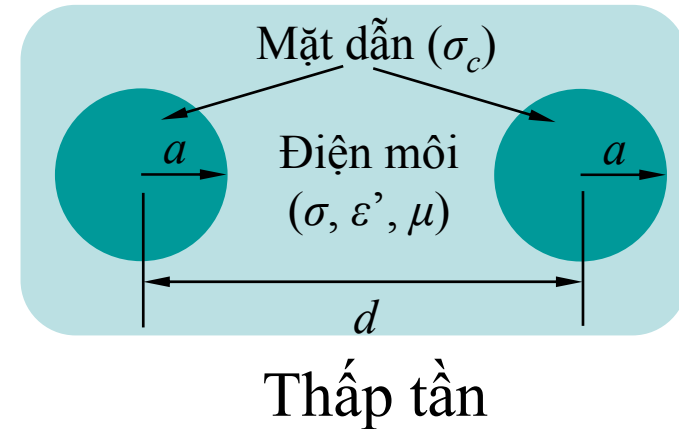
## Trường của đường dây dài (5)

$$C = \frac{\pi \epsilon'}{\cosh^{-1}(d/2a)}$$

$$G = \frac{\pi \sigma}{\cosh^{-1}(d/2a)}$$

$$L = \frac{\mu}{\pi} \left[ \frac{1}{4} + \cosh^{-1}(d/2a) \right]$$

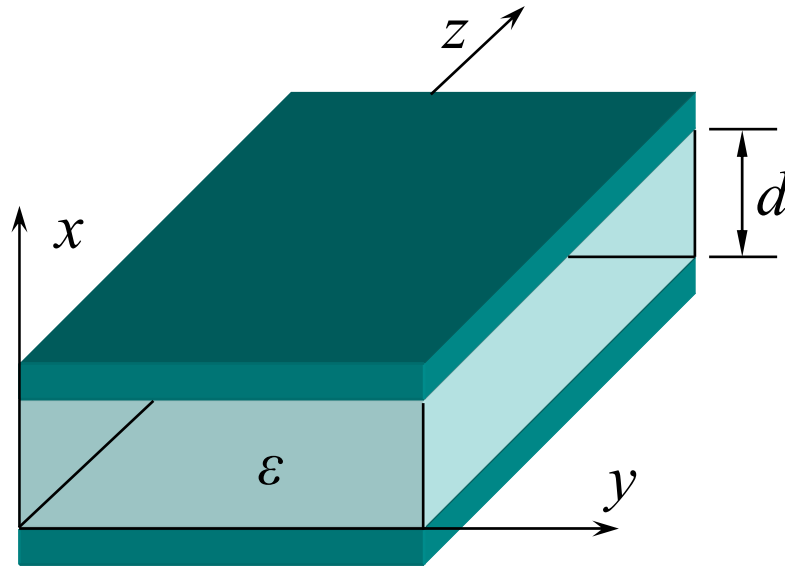
$$R = \frac{2}{\pi a^2 \sigma_c}$$



## Dẫn sóng & bức xạ

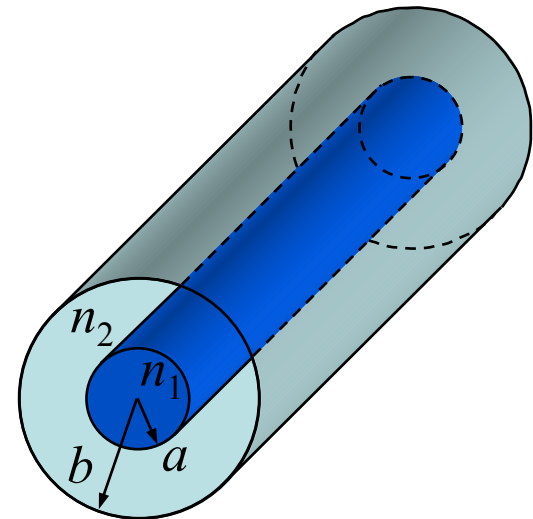
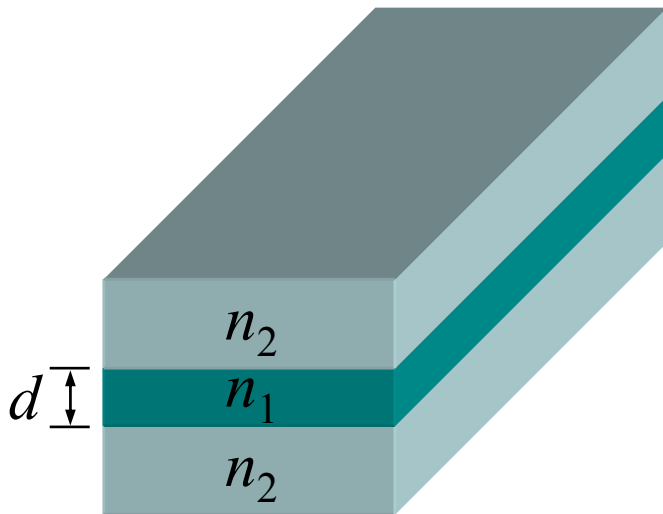
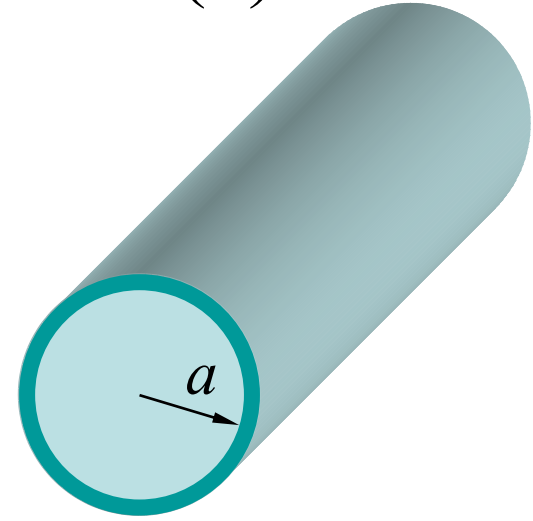
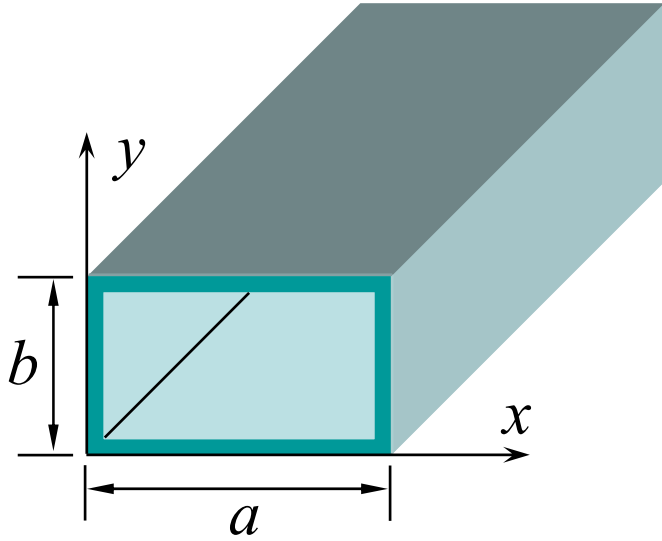
- Trường của đường dây dài
- **Các kiểu dẫn sóng cơ bản**
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- Dẫn sóng chữ nhật
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- Cáp quang
- Các nguyên lý cơ bản của anten

# Các kiểu dẫn sóng cơ bản (1)



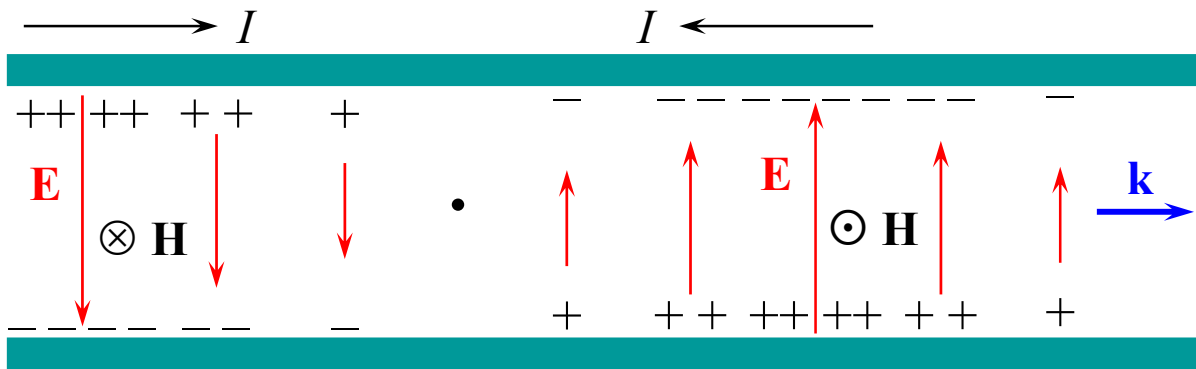
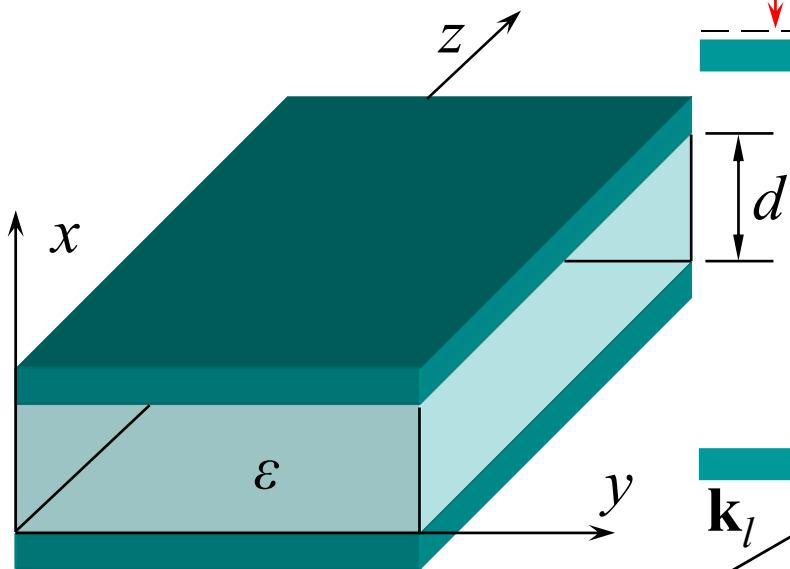


# Các kiểu dẫn sóng cơ bản (2)

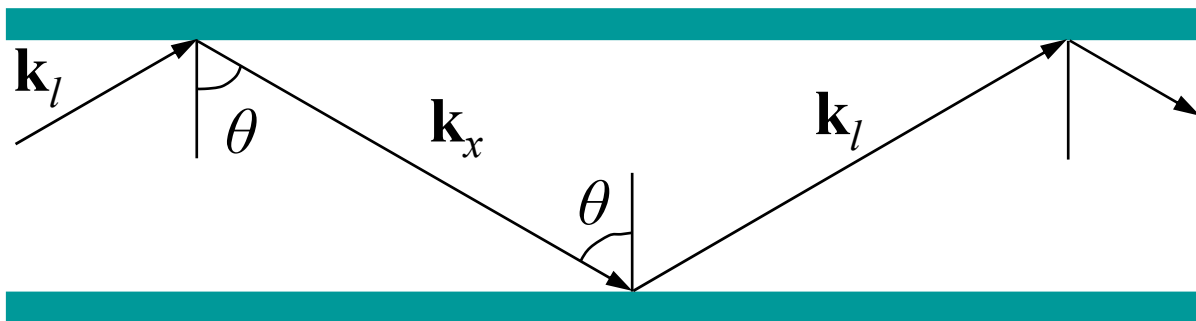




# Các kiểu dẫn sóng cơ bản (3)

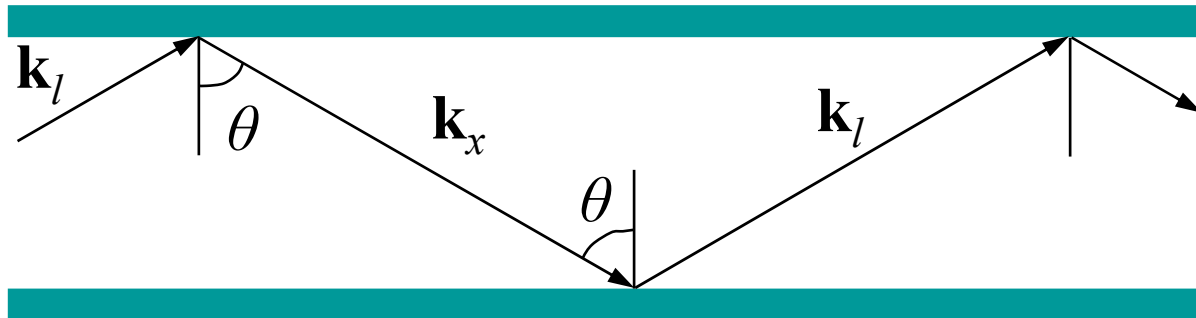
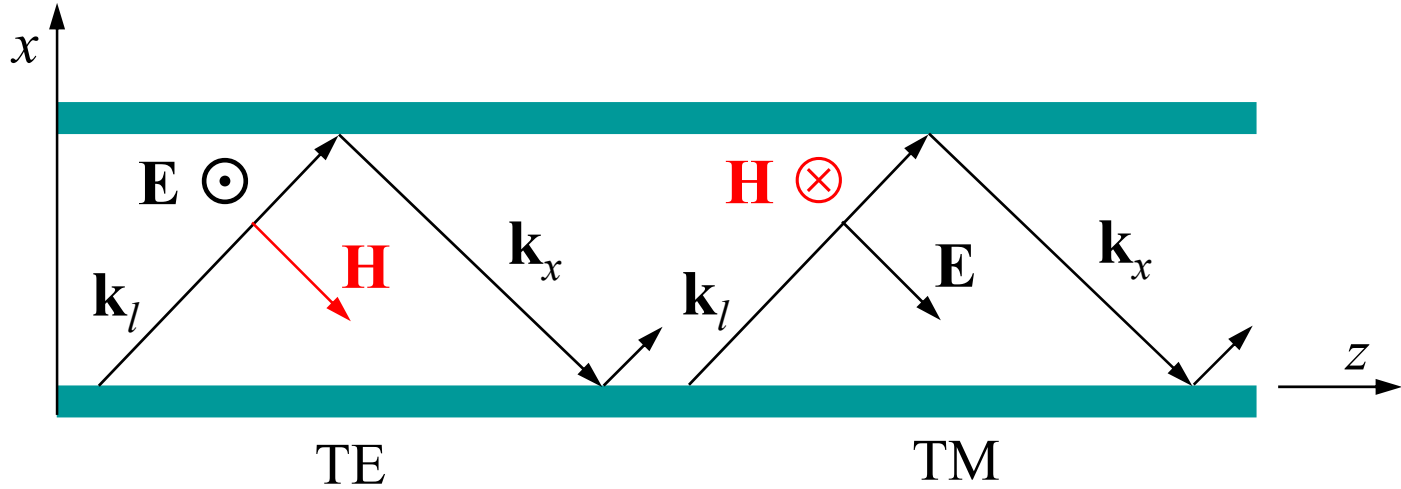


$$|\mathbf{k}_l| = |\mathbf{k}_x| = k = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$$





# Các kiểu dẫn sóng cơ bản (4)



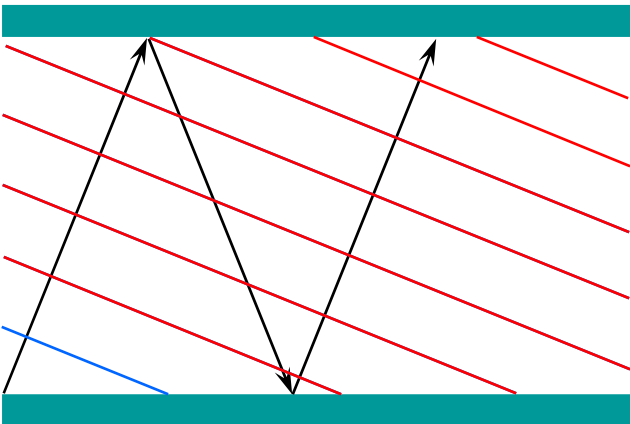
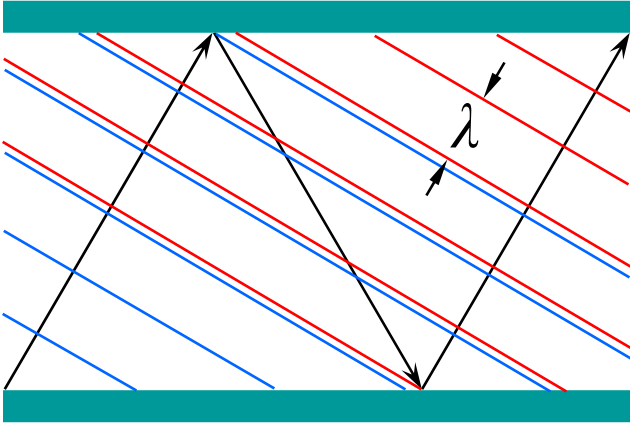
Dẫn sóng & bức xạ

## Dẫn sóng & bức xạ

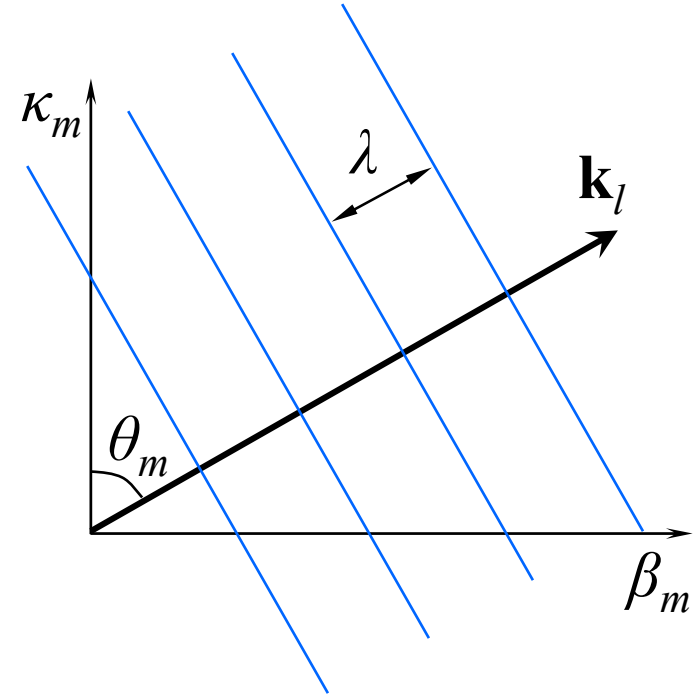
- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- **Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng**
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- Dẫn sóng chữ nhật
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- Cáp quang
- Các nguyên lý cơ bản của anten



# Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (1)



$$\beta_m = \sqrt{k^2 - \kappa_m^2}$$

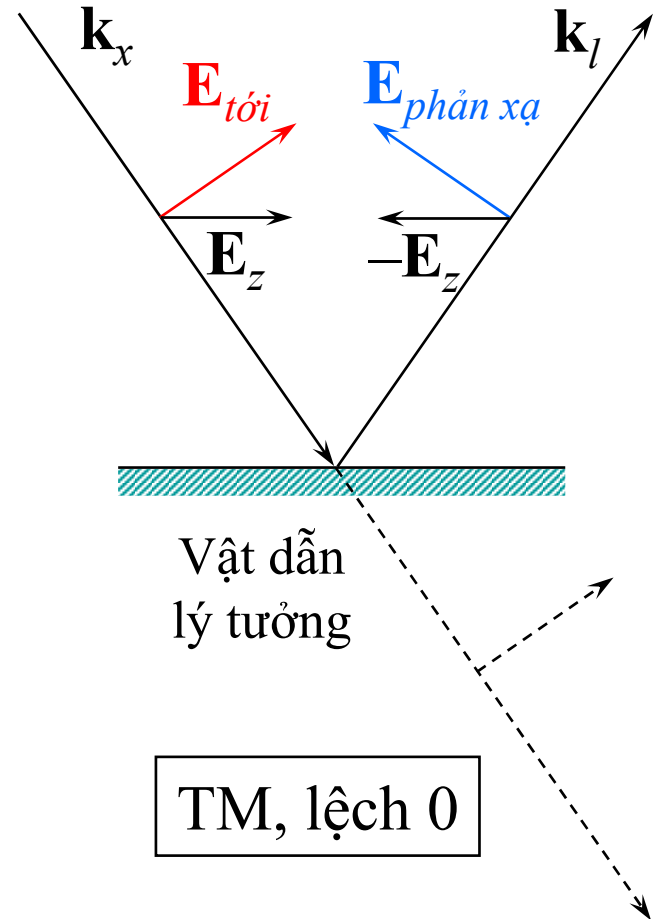
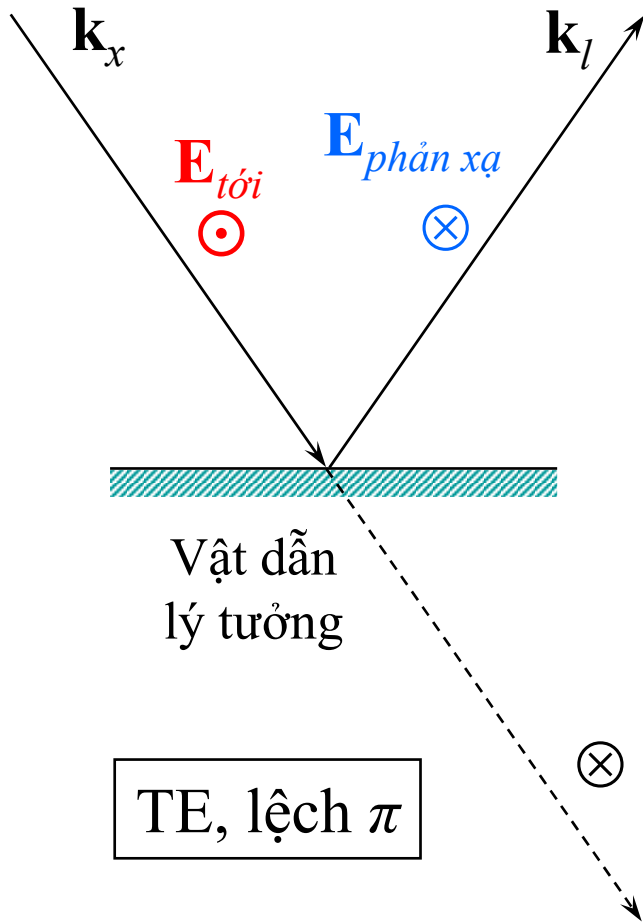


$$k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon'} = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_r'}}{c} = \frac{\omega n}{c}$$





# Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (2)

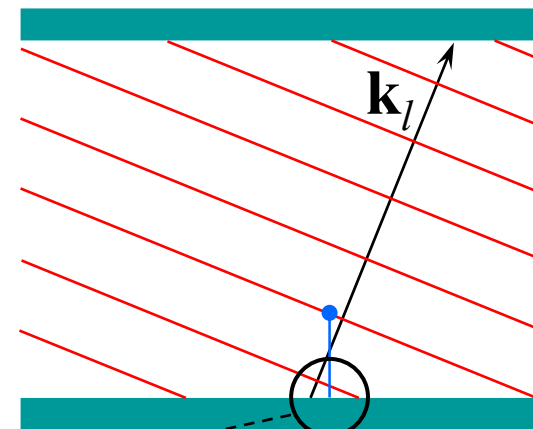
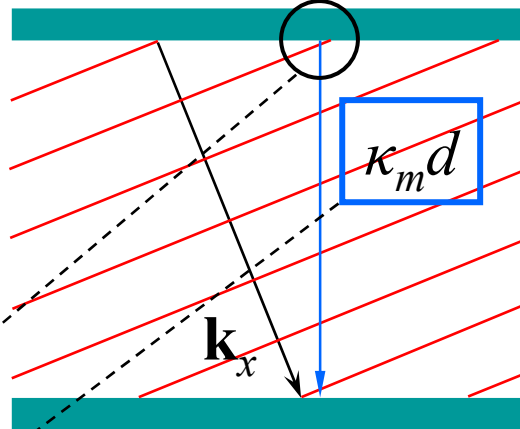
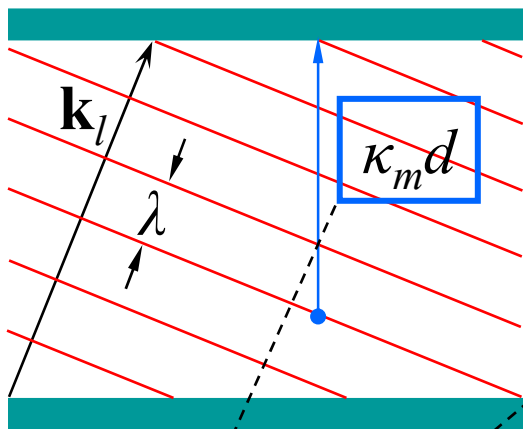




# Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (3)

$$\beta_m = \sqrt{k^2 - \kappa_m^2} \quad k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon'} = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_r'}}{c} = \frac{\omega n}{c}$$

Phản xạ với dịch pha 0 hoặc  $\pi$



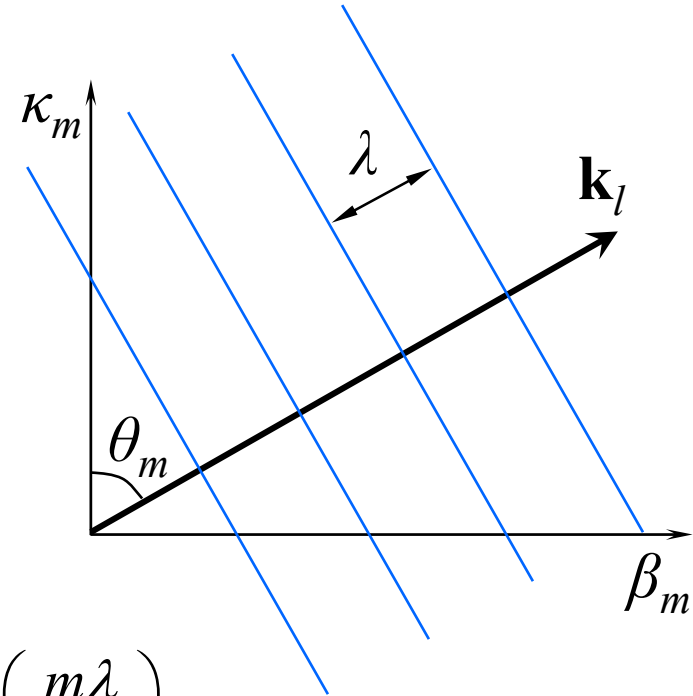
Phản xạ với dịch pha 0 hoặc  $\pi$

$$\kappa_m d + \varphi + \kappa_m d + \varphi = 2m\pi \quad \rightarrow \quad \kappa_m = \frac{m\pi}{d}$$



## Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (4)

$$\left. \begin{aligned} \beta_m &= \sqrt{k^2 - \kappa_m^2} \\ k &= \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon'} = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_r'}}{c} = \frac{\omega n}{c} \\ \kappa_m &= \frac{m\pi}{d} \\ \kappa_m &= k \cos \theta_m \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} \theta_m &= \arccos\left(\frac{m\pi}{kd}\right) = \arccos\left(\frac{m\pi c}{\omega n d}\right) = \arccos\left(\frac{m\lambda}{2nd}\right) \\ \beta_m &= \sqrt{k^2 - \kappa_m^2} = k \sqrt{1 - \left(\frac{m\pi}{kd}\right)^2} = k \sqrt{1 - \left(\frac{m\pi c}{\omega n d}\right)^2} \end{aligned} \right.$$



# Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (5)

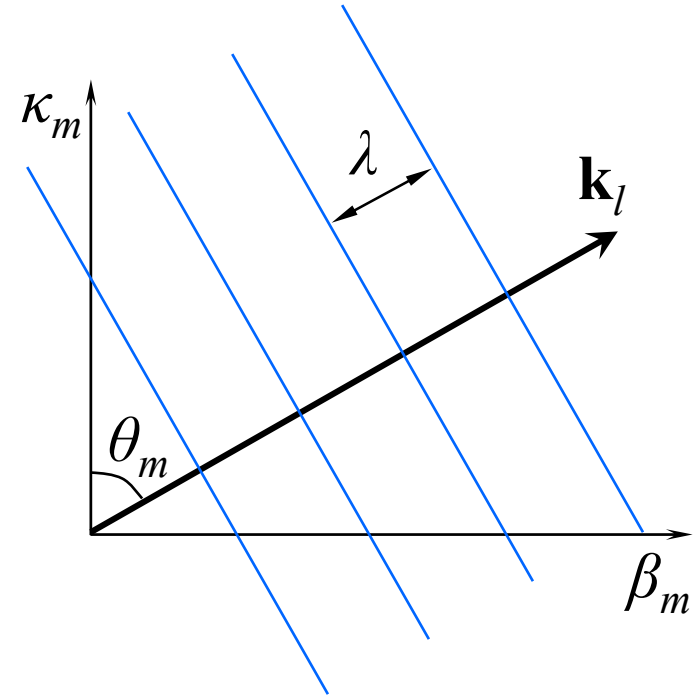
Định nghĩa:  $\omega_{cm} = \frac{m\pi c}{nd}$

$$\beta_m = k \sqrt{1 - \left(\frac{m\pi c}{\omega nd}\right)^2}$$

$$\rightarrow \beta_m = \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega}\right)^2}$$

$$\lambda_{cm} = \frac{2\pi c}{\omega_{cm}} = \frac{2nd}{m}$$

$$\rightarrow \beta_m = \frac{2\pi n}{\lambda} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{cm}}\right)^2}$$



## Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (6)

### Ví dụ 1

Xét đường dây dẫn sóng song phẳng, khoảng cách giữa 2 mặt dẫn là  $d = 1$  cm, được điền đầy teflon với  $\epsilon'_r = 2,1$ . Xác định tần số hoạt động của sóng để nó có thể lan truyền ở chế độ  $m = 1$ .

$$\omega_{c1} = \frac{m\pi c}{nd} = \frac{1\pi c}{\sqrt{\epsilon'_r} d} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{2,1} \cdot 10^{-2}} = \frac{3\pi}{\sqrt{2,1}} 10^{10}$$

$$f_{c1} = \frac{\omega_{c1}}{2\pi} = \frac{3\pi \cdot 10^{10}}{2\pi \sqrt{2,1}} = 1,03 \cdot 10^{10} \text{ Hz} = 10,3 \text{ GHz}$$

$$10,3 \text{ GHz} < f < 20,6 \text{ GHz}$$

## Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (7)

### Ví dụ 2

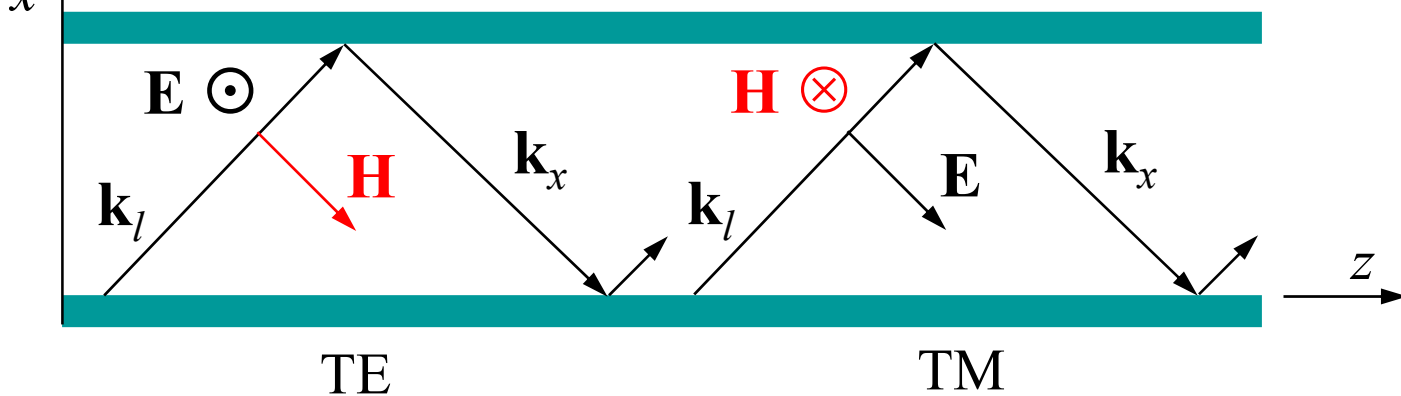
Xét đường dây dẫn sóng song phẳng, khoảng cách giữa 2 mặt dẫn là  $d = 1 \text{ cm}$ , được điền đầy teflon với  $\epsilon'_r = 2,1$ . Bước sóng của sóng hoạt động là  $\lambda = 2 \text{ mm}$ . Có bao nhiêu chế độ sóng lan truyền được?

$$\lambda_{cm} = \frac{2nd}{m} \rightarrow 2 \cdot 10^{-3} < \frac{2\sqrt{2,1} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{m}$$

$$\rightarrow m < \frac{2\sqrt{2,1} \cdot 10}{2} = 14,5$$



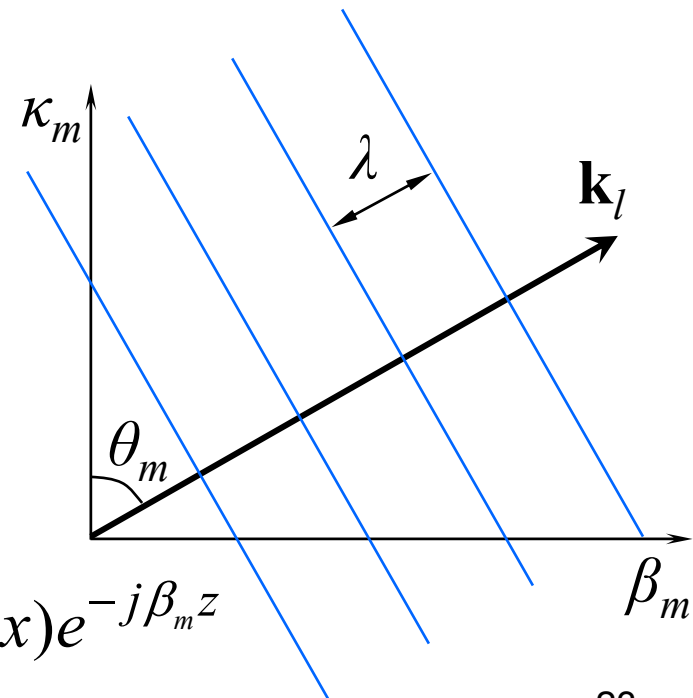
# Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (8)



$$\left. \begin{aligned} E_{ys} &= E_0 e^{-j\mathbf{k}_l \cdot \mathbf{r}} - E_0 e^{-j\mathbf{k}_x \cdot \mathbf{r}} \\ \mathbf{k}_l &= \kappa_m \mathbf{a}_x + \beta_m \mathbf{a}_z \\ \mathbf{k}_x &= -\kappa_m \mathbf{a}_x + \beta_m \mathbf{a}_z \\ \mathbf{r} &= x\mathbf{a}_x + z\mathbf{a}_z \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow E_{ys} = E_0 (e^{-j\kappa_m x} - e^{j\kappa_m x}) e^{-j\beta_m z}$$

$$= 2jE_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z}$$



## Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (9)

$$\begin{aligned}
 E_{ys} &= E_0 (e^{-j\kappa_m x} - e^{j\kappa_m x}) e^{-j\beta_m z} \\
 &= 2jE_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \\
 \rightarrow E_y(z, t) &= \text{Re}[E_{ys} e^{j\omega t}] = E'_0 \sin(\kappa_m x) \cos(\omega t - \beta_m z) \\
 \beta_m &= \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega}\right)^2} \rightarrow -j|\beta_m| = -j\alpha_m \\
 &\quad \text{Nếu } \omega < \omega_{cm}
 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \begin{cases} E_{ys} = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-\alpha_m z} \\ E(z, t) = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-\alpha_m z} \cos \omega t \end{cases}$$



## Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (10)

$$\beta_m = \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega}\right)^2} = \frac{n}{c} \sqrt{\omega^2 - \omega_{cm}^2} \left. \vphantom{\beta_m} \right\} \omega < \omega_{cm}$$

$$\rightarrow \alpha_m = \frac{n}{c} \sqrt{\omega_{cm}^2 - \omega^2} = \frac{n\omega_{cm}}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{cm}}\right)^2} = \frac{2\pi n}{\lambda_{cm}} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_{cm}}{\lambda}\right)^2}$$

$$\theta_m = \arccos\left(\frac{m\pi}{kd}\right) = \arccos\left(\frac{m\pi c}{\omega nd}\right) = \arccos\left(\frac{m\lambda}{2nd}\right) \left. \vphantom{\theta_m} \right\} \omega_{cm} = \frac{m\pi c}{nd}$$

$$\rightarrow \cos \theta_m = \frac{\omega_{cm}}{\omega} = \frac{\lambda}{\lambda_{cm}}$$



# Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (1)

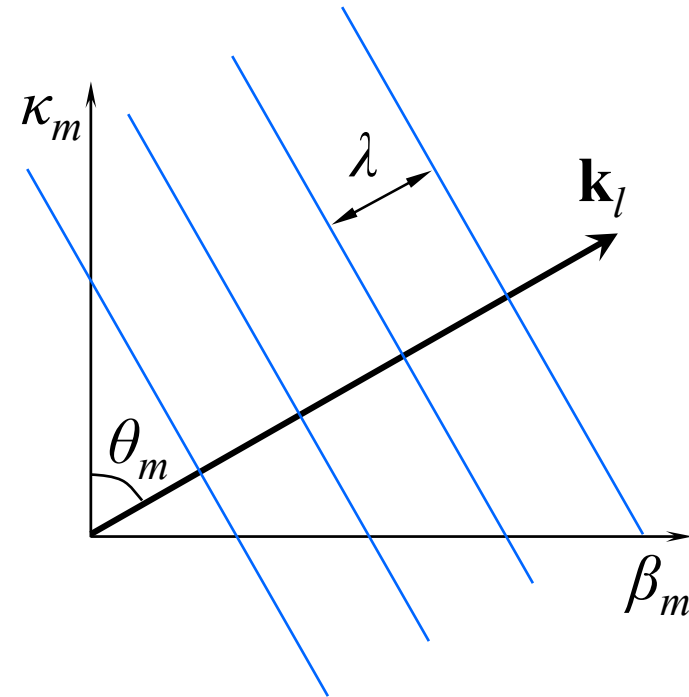
$$\cos \theta_m = \frac{\omega_{cm}}{\omega} = \frac{\lambda}{\lambda_{cm}}$$

$$\beta_m = k \sin \theta_m = \frac{n\omega}{c} \sin \theta_m$$

$$v_{pm} = \frac{\omega}{\beta_m} = \frac{c}{n \sin \theta_m}$$

$$v_{gm}^{-1} = \frac{d\beta_m}{d\omega} = \frac{d}{d\omega} \left[ \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left( \frac{\omega_{cm}}{\omega} \right)^2} \right]$$

$$\rightarrow v_{gm} = \frac{c}{n} \sqrt{1 - \left( \frac{\omega_{cm}}{\omega} \right)^2} = \frac{c}{n} \sin \theta_m$$



## Dẫn sóng & bức xạ

- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- **Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng**
- Dẫn sóng chữ nhật
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- Cáp quang
- Các nguyên lý cơ bản của anten



# Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (1)

$$\nabla^2 \mathbf{E}_s = -k_0^2 \mathbf{E}_s$$

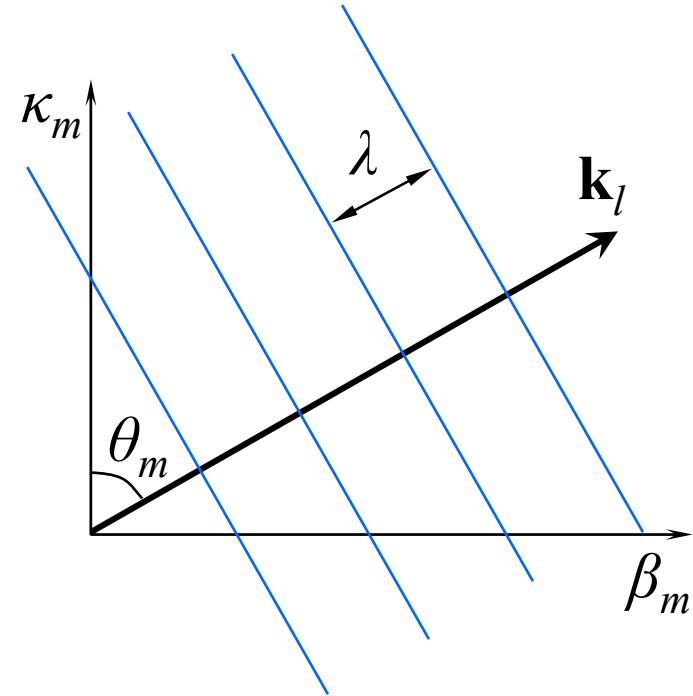
$$\rightarrow \nabla^2 \mathbf{E}_s = -k^2 \mathbf{E}_s, \quad k = n\omega/c$$

$$\rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial z^2} + k^2 E_{ys} &= 0 \\ \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$E_{ys} = E_0 f_m(x) e^{-j\beta_m z}$$

$$\rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} + (k^2 - \beta_m^2) f_m(x) &= 0 \\ k^2 - \beta_m^2 &= \kappa_m^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} + \kappa_m^2 f_m(x) = 0$$

$$\rightarrow f_m(x) = \cos(\kappa_m x) + \sin(\kappa_m x)$$





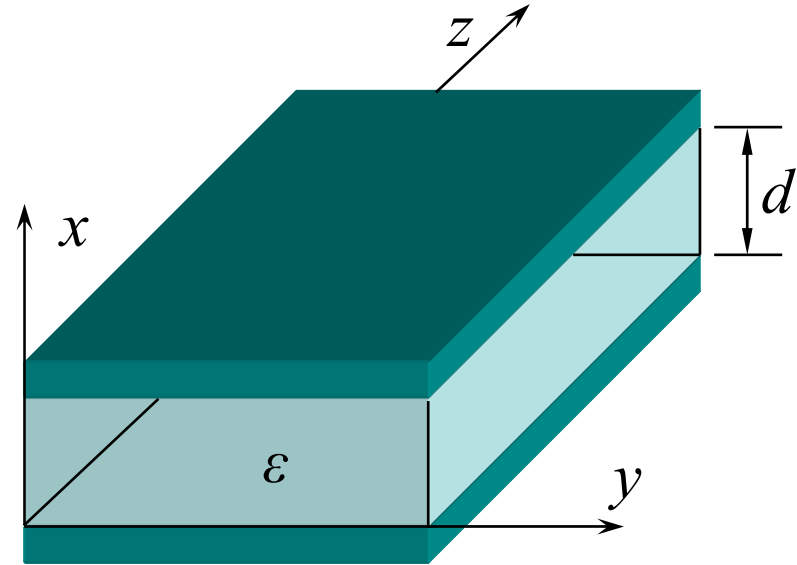
# Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (2)

$$E_{ys} = E_0 f_m(x) e^{-j\beta_m z}$$

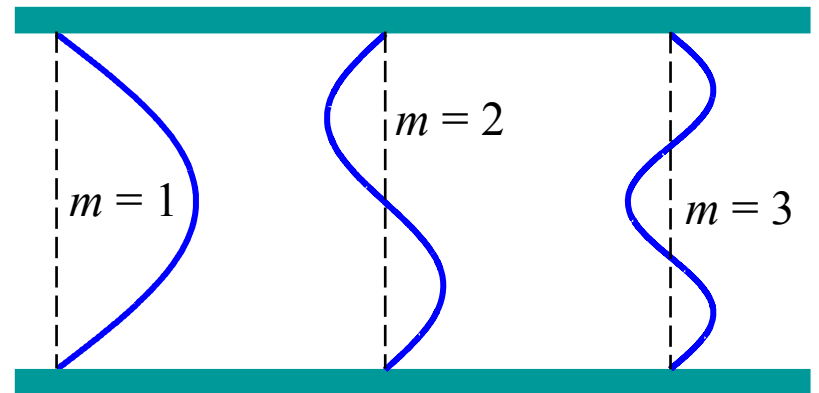
$$f_m(x) = \cos(\kappa_m x) + \sin(\kappa_m x)$$

$$E_y|_{x=0} = 0 \rightarrow f_m(x) = \sin(\kappa_m x)$$

$$E_y|_{x=d} = 0 \rightarrow \kappa_m = \frac{m\pi}{d}$$



$$\rightarrow E_{ys} = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) e^{-j\beta_m z}$$





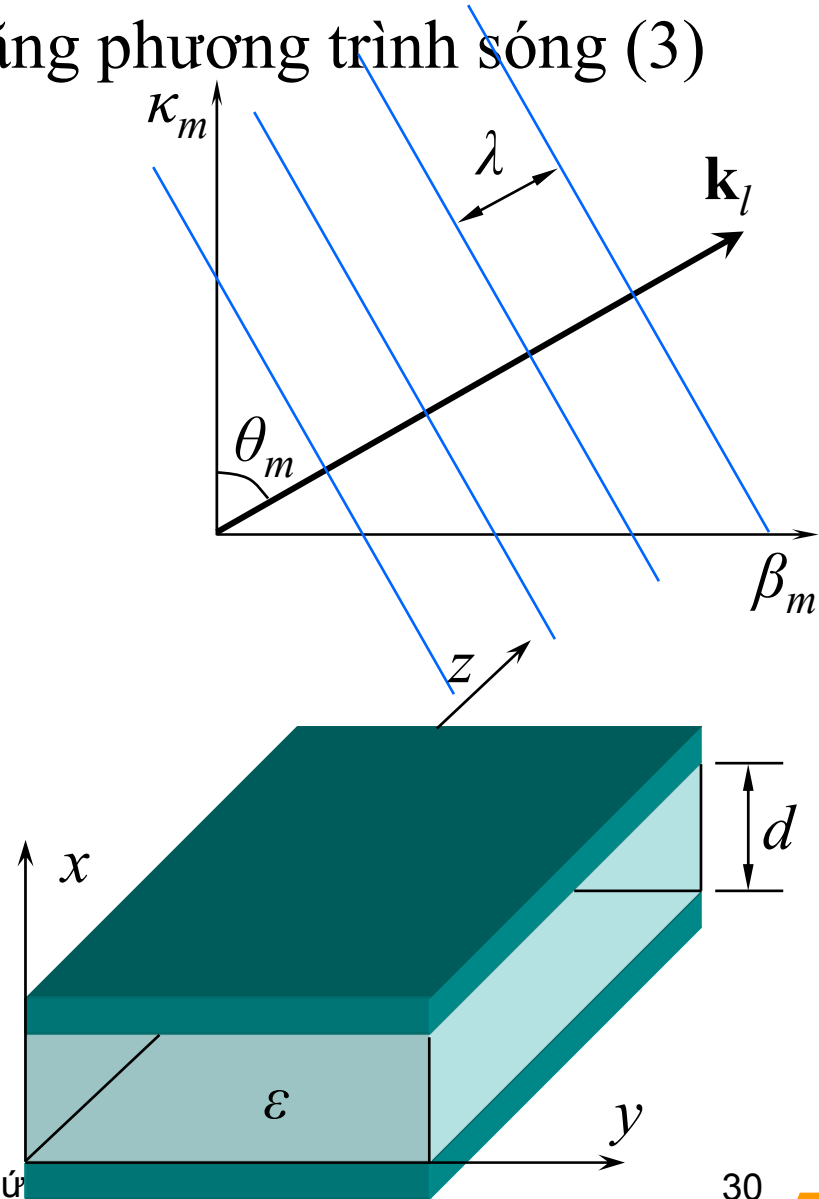
# Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (3)

$$E_{ys} = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) e^{-j\beta_m z}$$

$$\left. \begin{aligned} \cos \theta_m &= \frac{\omega_{cm}}{\omega} \\ \text{Nếu } \omega &= \omega_{cm} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\rightarrow \beta_m = 0 \\ &\rightarrow \kappa_m = k = \frac{2n\pi}{\lambda_{cm}} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \kappa_m &= \frac{m\pi}{d} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{m\pi}{d} = \frac{2n\pi}{\lambda_{cm}} \rightarrow d = \frac{m\lambda_{cm}}{2n}$$

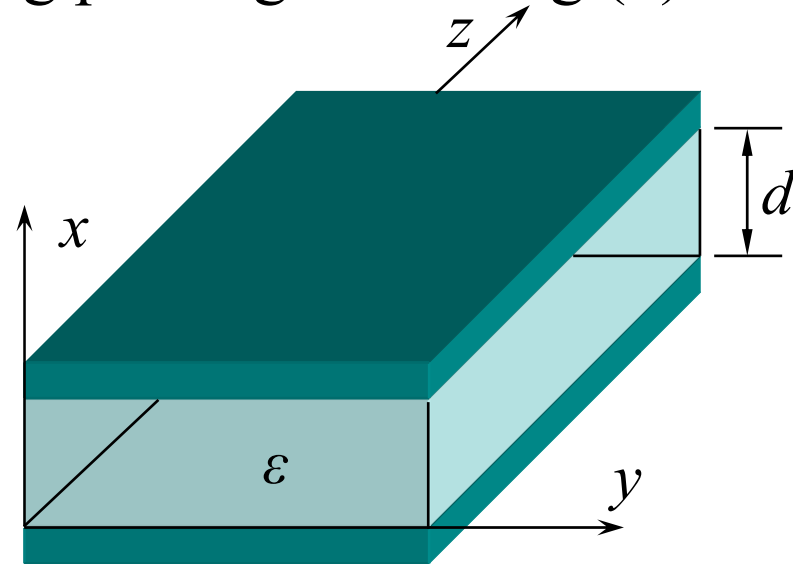
$$\rightarrow E_{ys} = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) = E_0 \sin\left(\frac{2n\pi x}{\lambda_{cm}}\right)$$





# Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (4)

$$\left. \begin{aligned} \nabla \times \mathbf{E}_s &= -j\omega\mu\mathbf{H}_s \\ E_{ys} &= E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) e^{-j\beta_m z} \end{aligned} \right\}$$



$$\begin{aligned} \rightarrow \nabla \times \mathbf{E}_s &= \frac{\partial E_{ys}}{\partial x} \mathbf{a}_z - \frac{\partial E_{ys}}{\partial z} \mathbf{a}_x \\ &= \kappa_m E_0 \cos(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_z + j\beta_m E_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_x \end{aligned}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = \left( \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) \mathbf{a}_x + \left( \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) \mathbf{a}_y + \left( \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \mathbf{a}_z$$

Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (5)

$$\left. \begin{aligned} \nabla \times \mathbf{E}_s &= \kappa_m E_0 \cos(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_z + j\beta_m E_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_x \\ \nabla \times \mathbf{E}_s &= -j\omega\mu \mathbf{H}_s \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} H_{xs} &= \frac{\beta_m}{\omega\mu} E_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \\ H_{zs} &= j \frac{\kappa_m}{\omega\mu} E_0 \cos(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \end{aligned} \right\}$$

$$|\mathbf{H}_s| = \sqrt{\mathbf{H}_s \cdot \hat{\mathbf{H}}_s} = \sqrt{H_{xs} \hat{H}_{xs} + H_{zs} \hat{H}_{zs}}$$

$$\rightarrow |\mathbf{H}_s| = \frac{E_0}{\omega\mu} \left( \kappa_m^2 + \beta_m^2 \right)^{1/2} \left[ \sin^2(\kappa_m x) + \cos^2 \kappa_m x \right]^{1/2}$$

$$\left. \begin{aligned} \kappa_m^2 + \beta_m^2 &= k^2, & \sin^2(\kappa_m x) + \cos^2 \kappa_m x &= 1 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow |\mathbf{H}_s| = \frac{kE_0}{\omega\mu} = \frac{\omega\sqrt{\mu\epsilon}}{\omega\mu} = \frac{E_0}{\eta}$$



## Dẫn sóng & bức xạ

- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- **Dẫn sóng chữ nhật**
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- Cáp quang
- Các nguyên lý cơ bản của anten



# Dẫn sóng chữ nhật (1)

$$\frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial z^2} + k^2 E_{ys} = 0$$

$$\rightarrow \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} + (k^2 - \beta_{mp}^2) E_{ys} = 0$$

$$\rightarrow E_{ys} = E_0 f_m(x) f_p(y) e^{-j\beta_{mp}z}$$

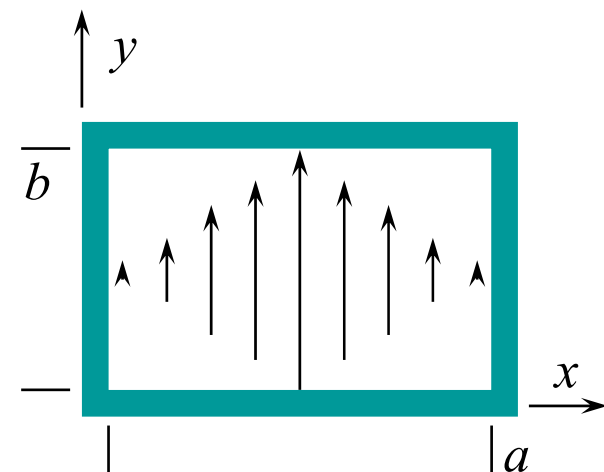
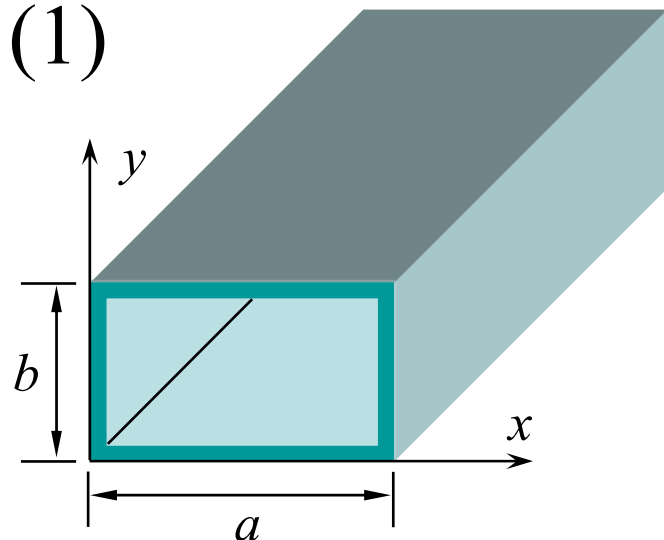
$$E_{ys} = E_0 \sin(\kappa_{m0}x) e^{-j\beta_{m0}z}, \quad \kappa_{m0} = \frac{m\pi}{a}$$

$$H_{xs} = -\frac{\beta_{m0}}{\omega\mu} E_0 \sin(\kappa_{m0}x) e^{-j\beta_{m0}z}$$

$$H_{zs} = j \frac{\kappa_{m0}}{\omega\mu} E_0 \cos(\kappa_{m0}x) e^{-j\beta_{m0}z}$$

$$\kappa_{m0}^2 + \beta_{m0}^2 = k^2$$

$$\omega_c(m0) = \frac{m\pi c}{na}$$





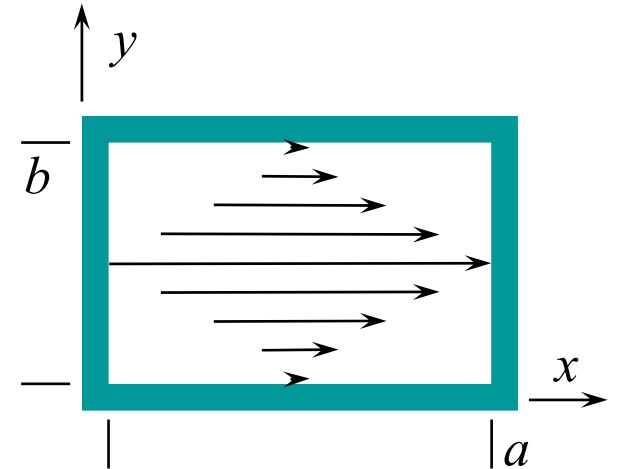
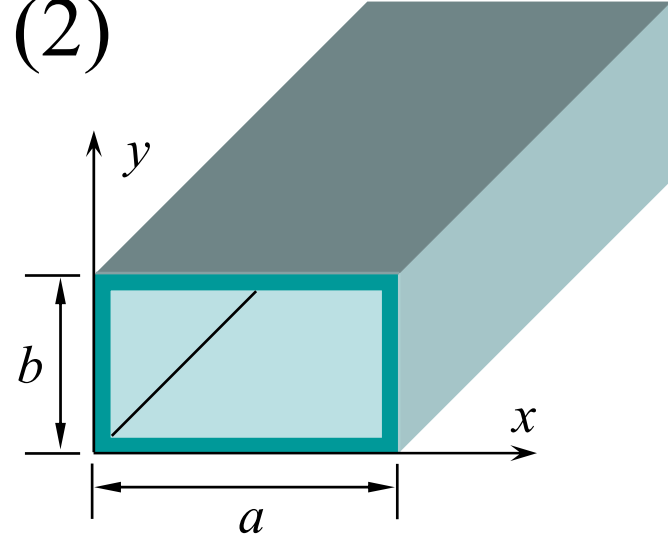
# Dẫn sóng chữ nhật (2)

$$E_{xs} = E_0 \sin(\kappa_{0p}y)e^{-j\beta_{0p}z}, \quad \kappa_{0p} = \frac{p\pi}{b}$$

$$H_{ys} = \frac{\beta_{0p}}{\omega\mu} E_0 \sin(\kappa_{0p}y)e^{-j\beta_{0p}z}$$

$$H_{zs} = -j \frac{\kappa_{0p}}{\omega\mu} E_0 \cos(\kappa_{0p}y)e^{-j\beta_{0p}z}$$

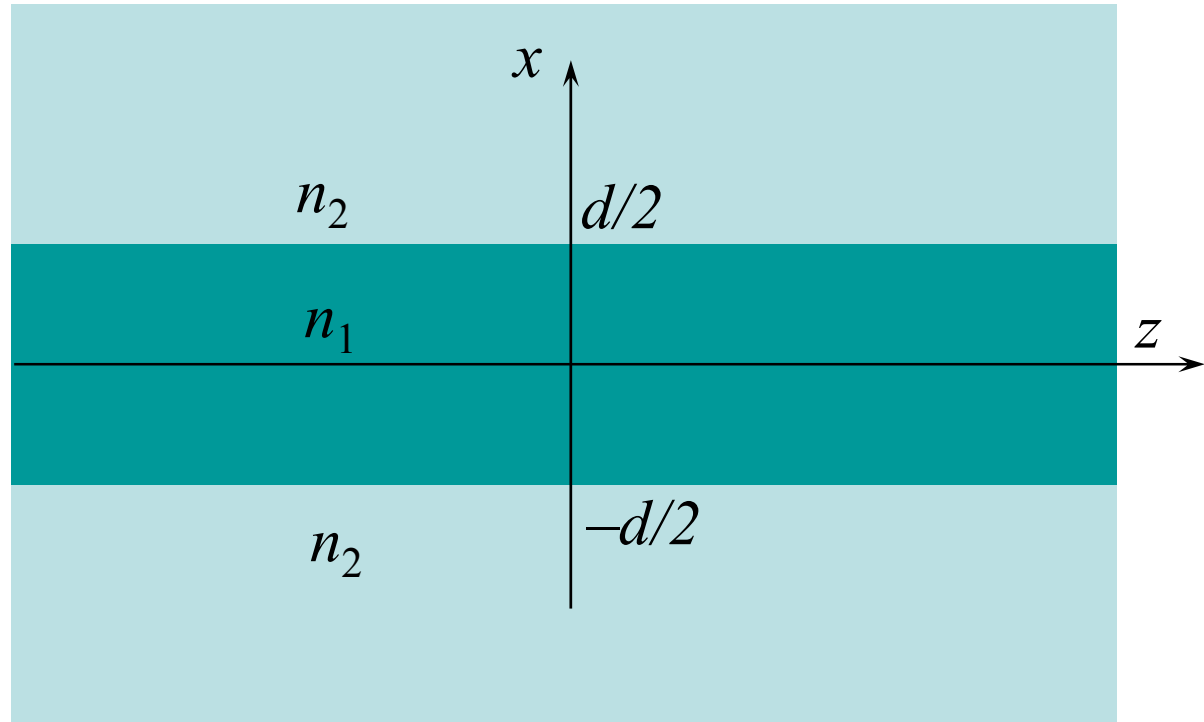
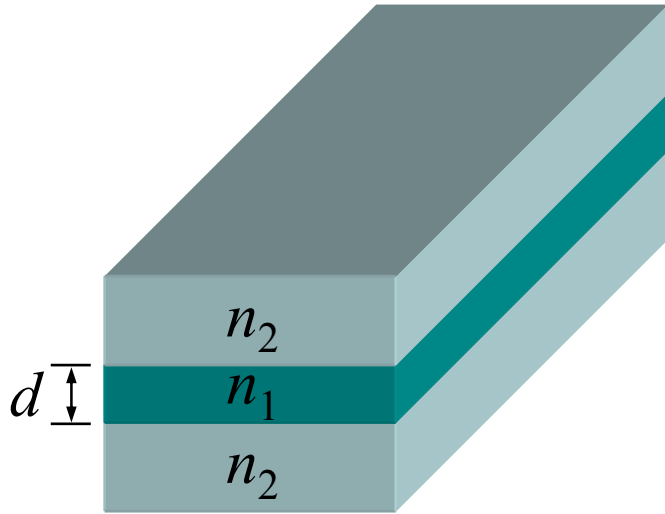
$$\omega_c(0p) = \frac{p\pi c}{nb}$$



## Dẫn sóng & bức xạ

- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- Dẫn sóng chữ nhật
- **Dẫn sóng điện môi phẳng**
- Cáp quang
- Các nguyên lý cơ bản của anten

# Dẫn sóng điện môi phẳng (1)





# Dẫn sóng điện môi phẳng (2)

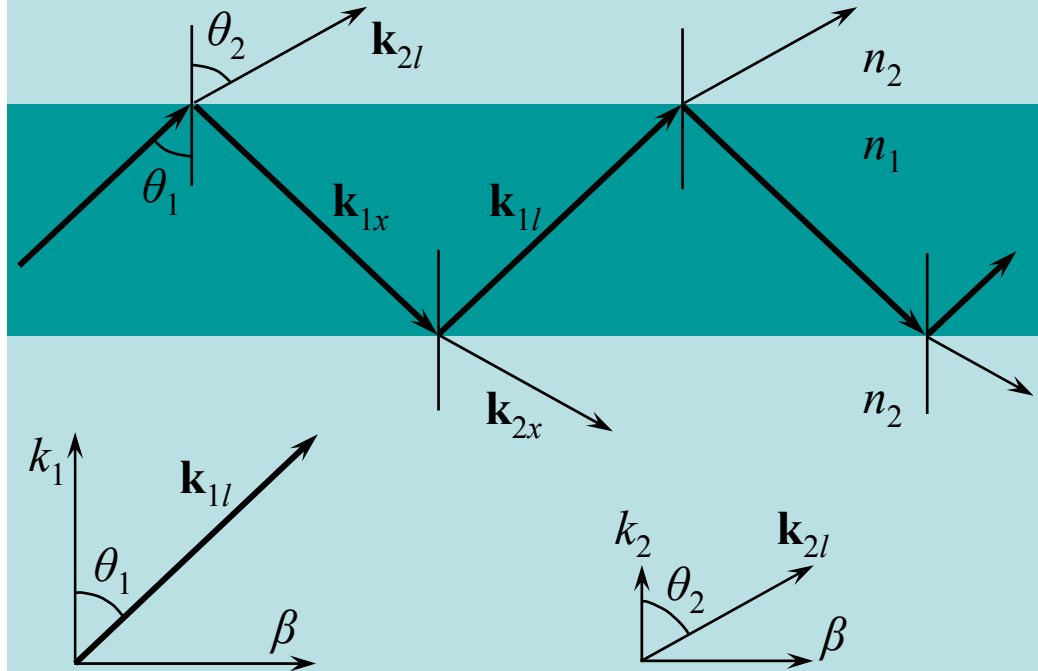
$$\theta_1 \geq \theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

$$E_{y1s} = E_0 e^{-j\mathbf{k}_{1l} \cdot \mathbf{r}} \pm E_0 e^{-j\mathbf{k}_{1x} \cdot \mathbf{r}}$$

$$\left. \begin{array}{l} -\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2} \end{array} \right\}$$

$$\text{với } \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{k}_{1l} = \kappa_1 \mathbf{a}_x + \beta \mathbf{a}_z \\ \mathbf{k}_{1x} = -\kappa_1 \mathbf{a}_x + \beta \mathbf{a}_z \end{array} \right.$$

$$\mathbf{r} = x\mathbf{a}_x + z\mathbf{a}_z$$



$$\rightarrow \begin{cases} E_{y1s} = E_0 [e^{j\kappa_1 x} + e^{-j\kappa_1 x}] e^{-j\beta z} = 2E_0 \cos(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} \\ E_{y1s} = E_0 [e^{j\kappa_1 x} - e^{-j\kappa_1 x}] e^{-j\beta z} = 2E_0 \sin(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} \end{cases}$$



# Dẫn sóng điện môi phẳng (3)

$$E_{y2s} = E_{02}e^{-j\mathbf{k}_2 \cdot \mathbf{r}} = E_{02}e^{-j\kappa_2 x} e^{-j\beta z}$$

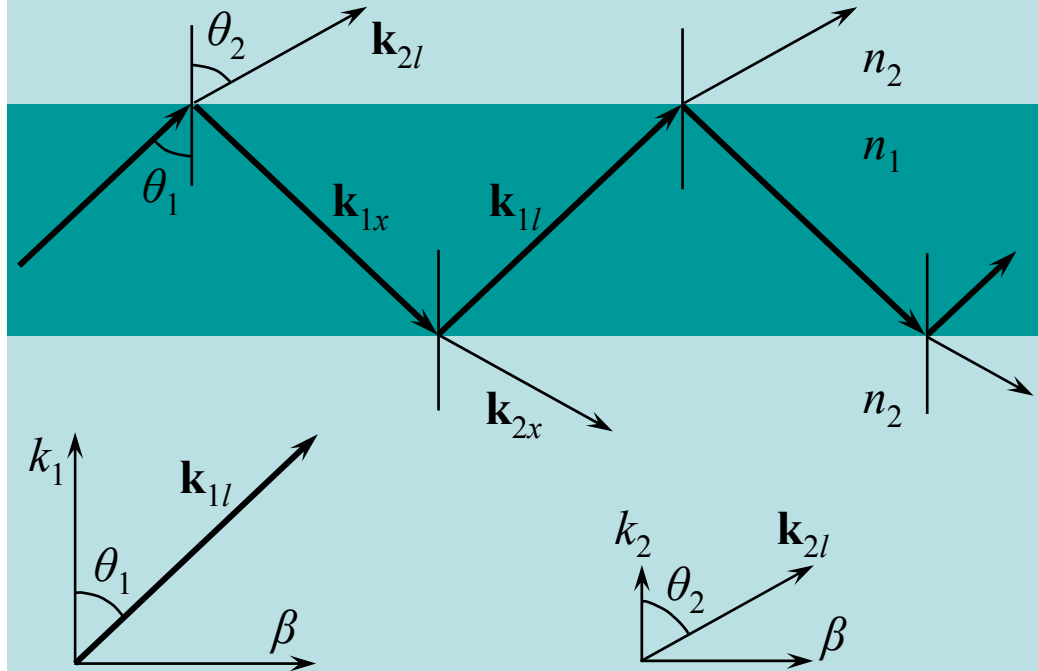
$$\kappa_2 = -j\gamma_2$$

$$\gamma_2 = j\kappa_2 = jn_2 k_0 \cos \theta_2$$

$$= jn_2 k_0 (-j) \left[ \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \sin^2 \theta_1 - 1 \right]^{1/2}$$

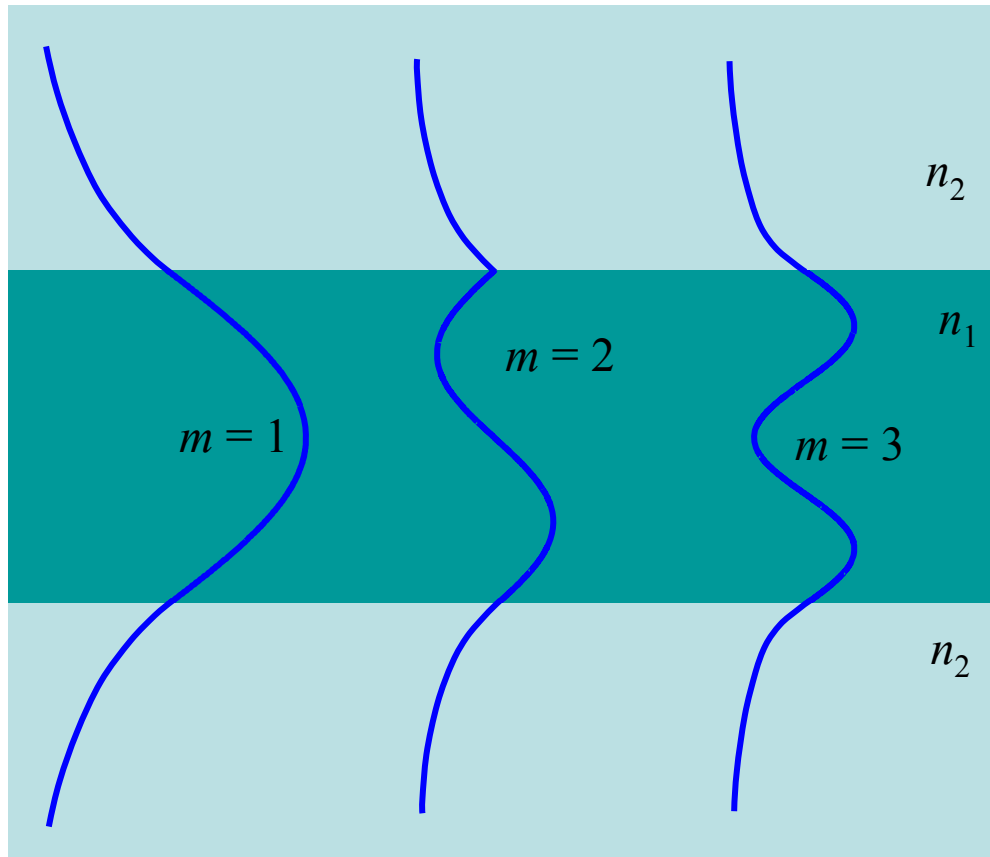
$$E_{y2s} = E_{02}e^{-\gamma_2(x-d/2)} e^{-j\beta z} \quad \left( x > \frac{d}{2} \right)$$

$$E_{y2s} = E_{02}e^{\gamma_2(x+d/2)} e^{-j\beta z} \quad \left( x < -\frac{d}{2} \right)$$





# Dẫn sóng điện môi phẳng (4)







## Dẫn sóng điện môi phẳng (5)

$$E_{sc}(\text{TE chắn}) = \begin{cases} E_{0c} \cos(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} & \left(-\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2}\right) \\ E_{0c} \cos(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{-\gamma_2(x-d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x > \frac{d}{2}\right) \\ E_{0c} \cos(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{\gamma_2(x+d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x < -\frac{d}{2}\right) \end{cases}$$

$$E_{sl}(\text{TE lẻ}) = \begin{cases} E_{0l} \sin(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} & \left(-\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2}\right) \\ E_{0l} \sin(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{-\gamma_2(x-d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x > \frac{d}{2}\right) \\ -E_{0l} \cos(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{\gamma_2(x+d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x < -\frac{d}{2}\right) \end{cases}$$

## Dẫn sóng điện môi phẳng (5)

$$k_0 d \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \geq (m - 1)\pi \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

$$k_0 d \sqrt{n_1^2 - n_2^2} < \pi \rightarrow \lambda > 2d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

## Dẫn sóng điện môi phẳng (6)

### Ví dụ 1

Một đường dây dẫn sóng điện môi phẳng được dùng để truyền ánh sáng có bước sóng  $\lambda = 1,30 \mu\text{m}$ ; độ dày của tấm dẫn là  $d = 5,00 \mu\text{m}$ ; chiết suất của lớp điện môi bao quanh là  $n_2 = 1,450$ . Xác định chiết suất lớn nhất của tấm dẫn để nó có thể truyền sóng chế độ đơn.

$$\lambda > 2d\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\rightarrow n_1 < \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2d}\right)^2 + n_2^2} = \sqrt{\left(\frac{1,30}{2.5,00}\right)^2 + 1,450^2} = 1,456$$

# Dẫn sóng & bức xạ

- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- Dẫn sóng chữ nhật
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- **Cáp quang**
- Các nguyên lý cơ bản của anten



# Cáp quang (1)

$$E_{xs}(\rho, \varphi, z) = \sum R_i(\rho) \Phi_i(\varphi) \exp(-j\beta_i z)$$

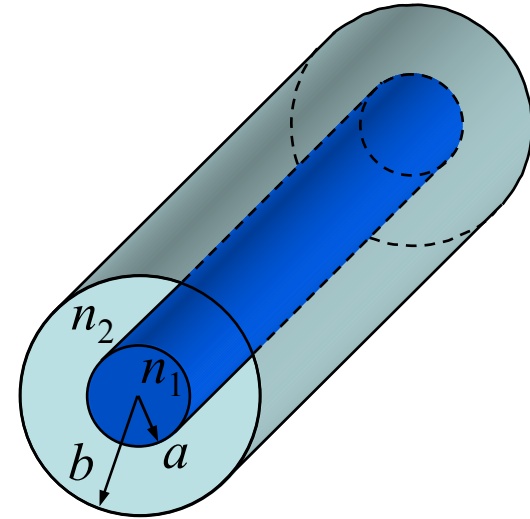
$$\nabla^2 \mathbf{E}_s = -k^2 \mathbf{E}_s$$

$$\rightarrow \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \left( \rho \frac{\partial^2 E_{xs}}{\partial \rho^2} \right) + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 E_{xs}}{\partial \varphi^2} + (k^2 - \beta^2) E_{xs} = 0$$

$$\rightarrow \underbrace{\frac{\rho^2}{R} \frac{d^2 R}{d\rho^2} + \frac{\rho}{R} \frac{dR}{d\rho} + \rho^2 (k^2 - \beta^2)}_{\ell^2} = - \underbrace{\frac{1}{\Phi} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2}}_{\ell^2}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2} + \ell^2 \Phi = 0 \rightarrow \Phi(\varphi) = \begin{cases} \cos(\ell\varphi + \alpha) \\ \sin(\ell\varphi + \alpha) \end{cases} \\ \frac{d^2 R}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{dR}{d\rho} + \left[ k^2 - \beta^2 - \frac{\ell^2}{\rho^2} \right] R = 0 \end{cases}$$

$$\Phi(\varphi) = \cos(\ell\varphi)$$





## Cáp quang (2)

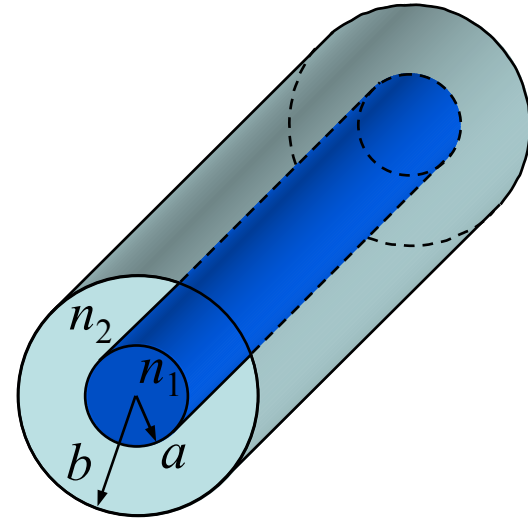
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2} + \ell^2 \Phi = 0 \rightarrow \Phi(\varphi) = \cos(\ell \varphi) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 R}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{dR}{d\rho} + \left[ k^2 - \beta^2 - \frac{\ell^2}{\rho^2} \right] R = 0 \end{array} \right.$$

$$\text{Đặt } \beta_t = \sqrt{k^2 - \beta^2}$$

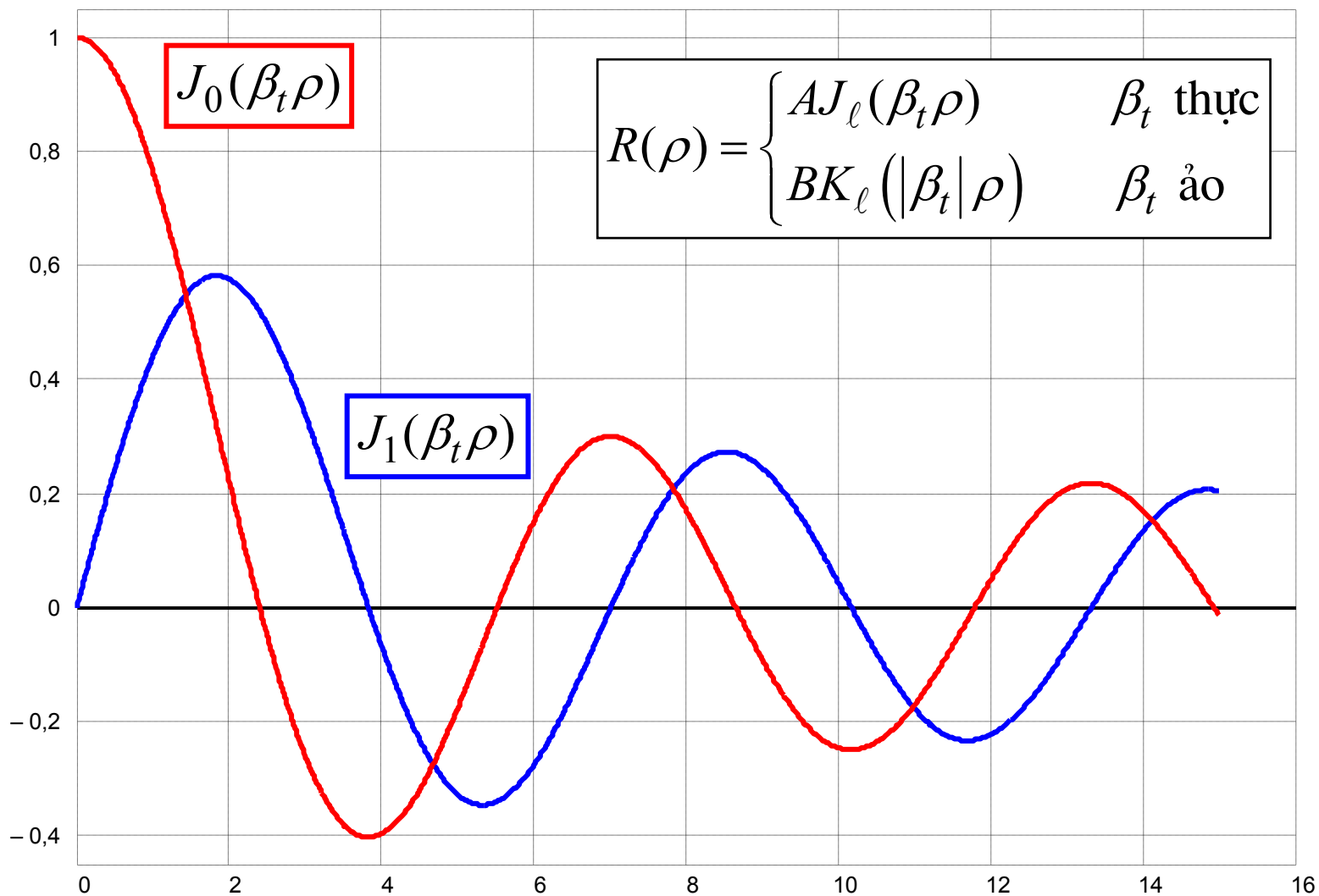
$$\beta_t = \left\{ \begin{array}{ll} \beta_{t1} = \sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2} & (\rho < a) \\ \beta_{t2} = \sqrt{n_2^2 k_0^2 - \beta^2} & (\rho > a) \end{array} \right.$$

$$\rightarrow R(\rho) = \begin{cases} AJ_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ BK_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$





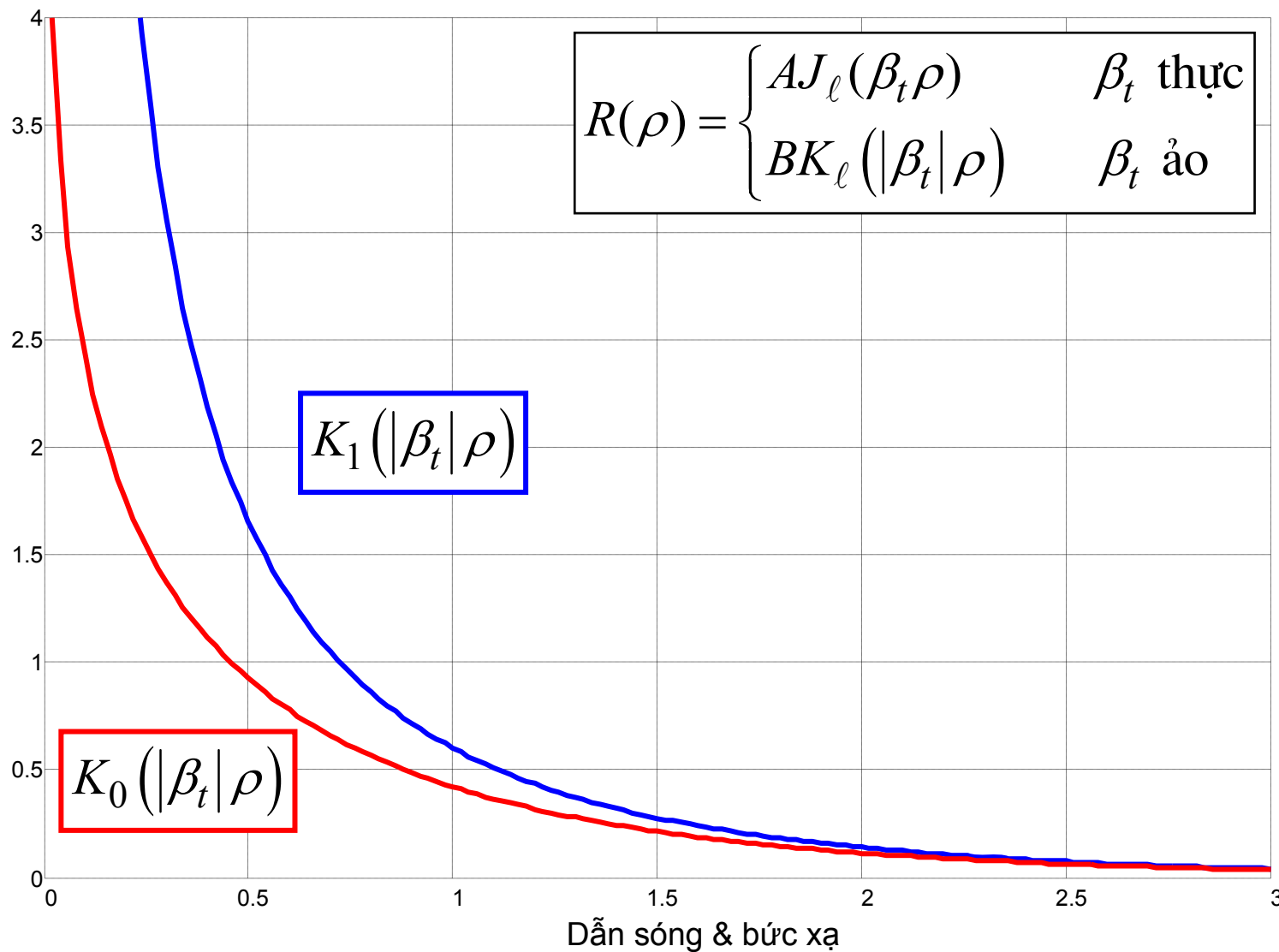
# Cáp quang (3)



$$R(\rho) = \begin{cases} AJ_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ BK_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$



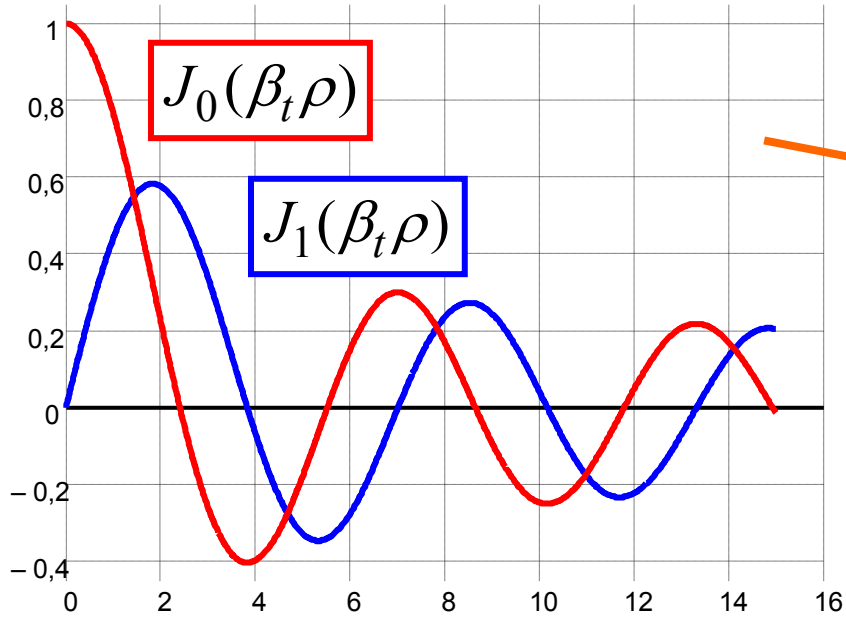
# Cáp quang (4)



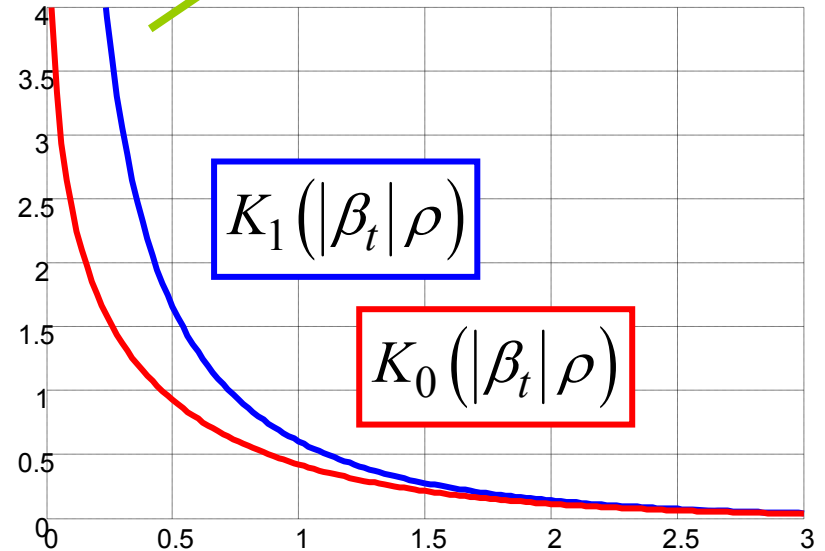
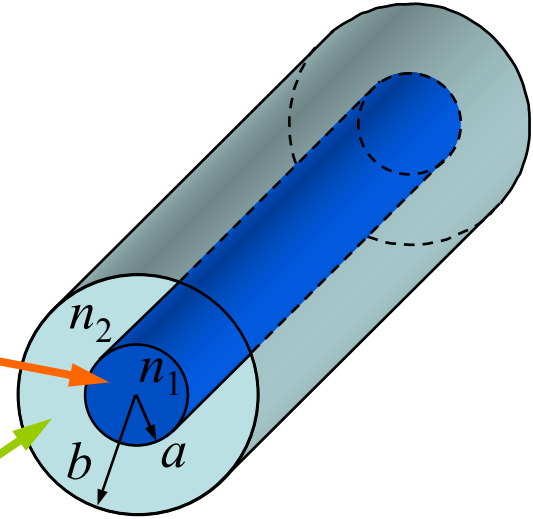




# Cáp quang (5)



$$R(\rho) = \begin{cases} AJ_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ BK_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$



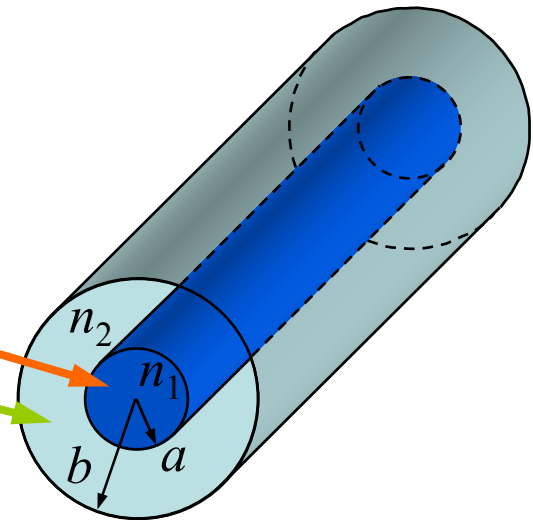


## Cáp quang (6)

$$R(\rho) = \begin{cases} AJ_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ BK_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$

Đặt  $u = a\beta_{t1} = a\sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2}$

Đặt  $w = a|\beta_{t2}| = a\sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_0^2}$



$$\rightarrow E_{xs} = \begin{cases} E_0 J_\ell(u\rho/a) \cos(\ell\varphi) e^{-j\beta z} & \rho \leq a \\ E_0 [J_\ell(u)/K_\ell(w)] K_\ell(w\rho/a) \cos(\ell\varphi) e^{-j\beta z} & \rho \geq a \end{cases}$$

$$|S_{z, \text{trình}}| = \left| \frac{1}{2} \text{Re}[\mathbf{E}_s \times \hat{\mathbf{H}}_s] \right| = \frac{1}{2} \text{Re}[E_{xs} \times \hat{H}_{ys}] = \frac{1}{2\eta} |E_{xs}|^2$$

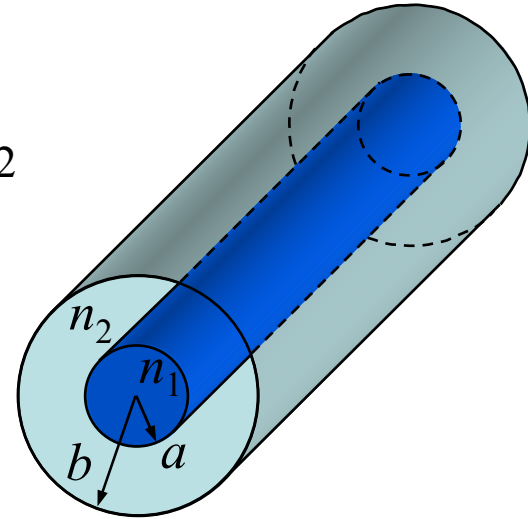


## Cáp quang (7)

$$|S_{z, \text{tbình}}| = \left| \frac{1}{2} \text{Re}[\mathbf{E}_s \times \hat{\mathbf{H}}_s] \right| = \frac{1}{2} \text{Re}[E_{xs} \times \hat{H}_{ys}] = \frac{1}{2\eta} |E_{xs}|^2$$

$$I_{lm} = I_0 J_\ell^2 \left( \frac{u\rho}{a} \right) \cos^2(\ell\varphi) \quad \rho \leq a$$

$$I_{lm} = I_0 \left( \frac{J_\ell^2(u)}{K_\ell(w)} \right)^2 K_\ell^2 \left( \frac{w\rho}{a} \right) \cos^2(\ell\varphi) \quad \rho \geq a$$



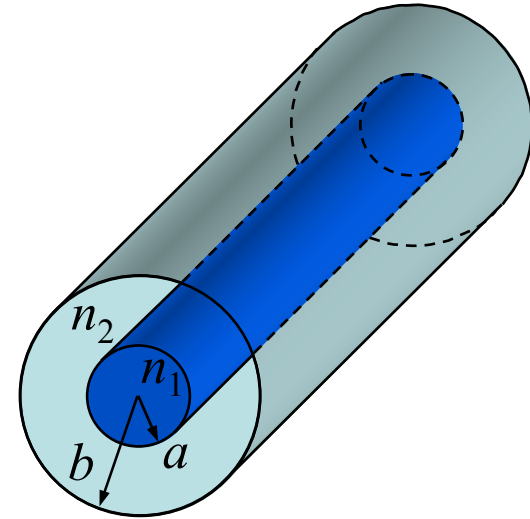


# Cáp quang (8)

$$E_{xs} = \left. \begin{aligned} &(\nabla \times \mathbf{E}_{s1})_z \Big|_{\rho=a} = (\nabla \times \mathbf{E}_{s2})_z \Big|_{\rho=a} \\ &\left\{ \begin{aligned} &E_0 J_\ell(u \rho/a) \cos(\ell \varphi) e^{-j\beta z} \\ &E_0 [J_\ell(u)/K_\ell(w)] K_\ell(w \rho/a) \cos(\ell \varphi) e^{-j\beta z} \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{J_{\ell-1}(u)}{J_\ell(u)} = -\frac{w K_{\ell-1}(w)}{u K_\ell(w)}$$

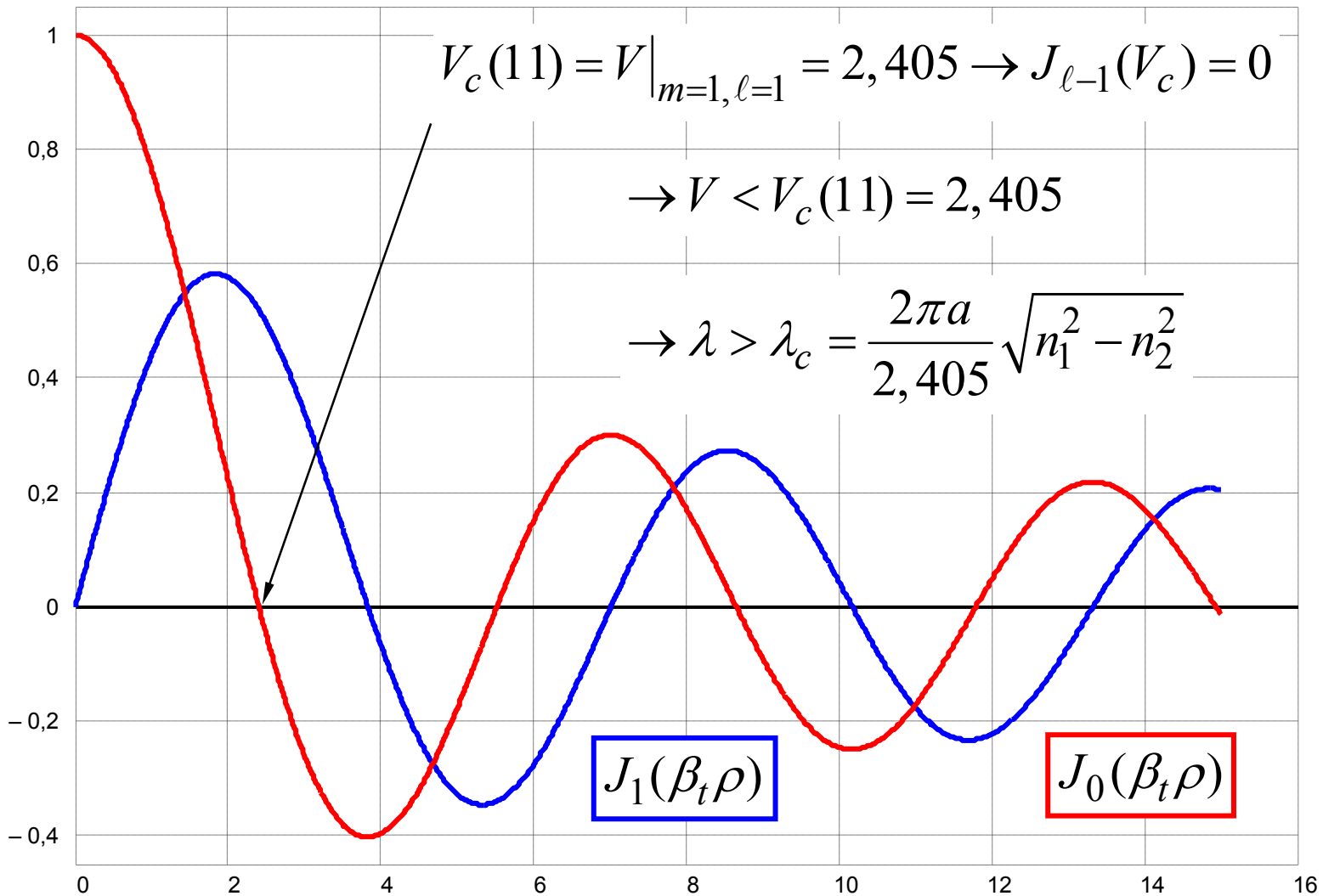
$$\left. \begin{aligned} \text{Đặt } V &= \sqrt{u^2 + w^2} \\ u &= a \sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2} \\ w &= a \sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_0^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow V = a k_0 \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$



$$\rightarrow J_{\ell-1}(V_c) = 0$$



# Cáp quang (9)



## Dẫn sóng & bức xạ

- Trường của đường dây dài
- Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- Dẫn sóng chữ nhật
- Dẫn sóng điện môi phẳng
- Cáp quang
- **Các nguyên lý cơ bản của anten**

# Các nguyên lý cơ bản của anten (1)

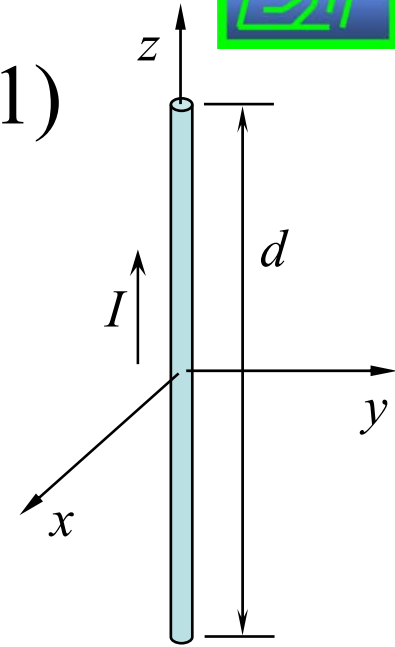
$$I = I_0 \cos \omega t$$

$$\mathbf{A} = \int_V \frac{\mu[\mathbf{J}]}{4\pi R} dv = \int \frac{\mu[I]d\mathbf{L}}{4\pi R} = \frac{\mu[I]d}{4\pi R} \mathbf{a}_z$$

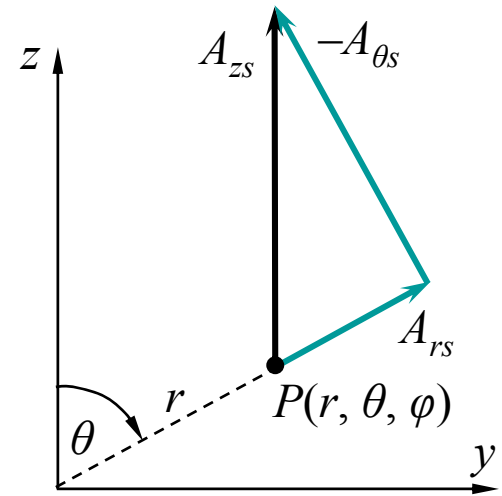
$$[I] = I_0 \cos \left[ \omega \left( t - \frac{R}{v} \right) \right]$$

$$\rightarrow [I_s] = I_0 e^{-j\omega R/v}$$

$$\rightarrow A_{zs} = \frac{\mu I_0 d}{4\pi R} e^{-j\omega R/v}$$



$$\begin{cases} A_{rs} = A_{zs} \cos \theta \\ A_{\theta s} = -A_{zs} \sin \theta \\ A_{\phi s} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A_{rs} = \frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \cos \theta e^{-j\omega r/v} \\ A_{\theta s} = -\frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \end{cases}$$



## Các nguyên lý cơ bản của anten (2)

$$A_{rs} = \frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \cos \theta e^{-j\omega r/v}$$

$$A_{\theta s} = -\frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \sin \theta e^{-j\omega r/v}$$

$$A_{\phi s} = 0$$

$$\mathbf{B}_s = \mu \mathbf{H}_s = \nabla \times \mathbf{A}_s$$

$$\nabla \times \mathbf{A} = \frac{1}{r \sin \theta} \left( \frac{\partial(A_\phi \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial \phi} \right) \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \left( \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial A_r}{\partial \phi} - \frac{\partial(rA_\phi)}{\partial r} \right) \mathbf{a}_\theta + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial(rA_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right) \mathbf{a}_\phi$$

$$\rightarrow \begin{cases} H_{\phi s} = \frac{1}{\mu r} \frac{\partial}{\partial r} (rA_{\theta s}) - \frac{1}{\mu r} \frac{\partial A_{rs}}{\partial \theta} & \rightarrow H_{\phi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left( j \frac{\omega}{vr} + \frac{1}{r^2} \right) \\ H_{rs} = H_{\theta s} = 0 \end{cases}$$



## Các nguyên lý cơ bản của anten (3)

$$H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left( j \frac{\omega}{vr} + \frac{1}{r^2} \right)$$

$$H_{rs} = H_{\theta s} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \rightarrow \nabla \times \mathbf{H}_s = j\omega \varepsilon \mathbf{E}_s$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{1}{r \sin \theta} \left( \frac{\partial(H_\varphi \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial H_\theta}{\partial \varphi} \right) \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \left( \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial H_r}{\partial \varphi} - \frac{\partial(rH_\varphi)}{\partial r} \right) \mathbf{a}_\theta + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial(rH_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right) \mathbf{a}_\varphi$$

$$\rightarrow \begin{cases} E_{rs} = \frac{1}{j\omega \varepsilon} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (H_{\varphi s} \sin \theta) \\ E_{\theta s} = \frac{1}{j\omega \varepsilon} \left( -\frac{1}{r} \right) \frac{\partial}{\partial \theta} (rH_{\varphi s}) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} E_{rs} = \frac{I_0 d}{2\pi} \cos \theta e^{-j\omega r/v} \left( \frac{1}{\varepsilon vr^2} + \frac{1}{j\omega \varepsilon r^3} \right) \\ E_{\theta s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left( \frac{j\omega}{\varepsilon v^2 r} + \frac{1}{\varepsilon vr^2} + \frac{1}{j\omega \varepsilon r^3} \right) \end{cases}$$

## Các nguyên lý cơ bản của anten (4)

$$\left. \begin{aligned} H_{\varphi_s} &= \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left( j \frac{\omega}{vr} + \frac{1}{r^2} \right) \\ E_{rs} &= \frac{I_0 d}{2\pi} \cos \theta e^{-j\omega r/v} \left( \frac{1}{\epsilon v r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \\ E_{\theta_s} &= \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left( \frac{j\omega}{\epsilon v^2 r} + \frac{1}{\epsilon v r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \\ \omega &= 2\pi f, \quad f\lambda = v, \quad v = 1/\sqrt{\mu\epsilon}, \quad \eta = \sqrt{\mu/\epsilon} \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} H_{\varphi_s} &= \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right) \\ E_{rs} &= \frac{I_0 d \eta}{2\pi} \cos \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( \frac{1}{r^2} + \frac{1}{j2\pi r^3} \right) \\ E_{\theta_s} &= \frac{I_0 d \eta}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{j2\pi r^3} \right) \end{aligned} \right.$$

Dẫn sóng & bức xạ

## Các nguyên lý cơ bản của anten (5)

$$H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right)$$

VD  $I_0 d = 4\pi$ ,  $\theta = 90^\circ$ ,  $t = 0$ ,  $f = 300 \text{ MHz}$ ,  $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $\lambda = 1 \text{ m}$

$$\rightarrow H_{\varphi s} = \left( j \frac{2\pi}{r} + \frac{1}{r^2} \right) e^{-j2\pi r}$$

$$\rightarrow H_{\varphi} = \sqrt{\left( \frac{2\pi}{r} \right)^2 + \frac{1}{r^4}} \cos \{ [\text{arctg}(2\pi r) - 2\pi r] \}$$

$$\left. \begin{array}{l} \cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b \\ \cos[\text{arctg}(x)] = 1/\sqrt{1 + x^2} \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow H_{\varphi} = \frac{1}{r^2} (\cos 2\pi r + 2\pi r \sin 2\pi r)$$

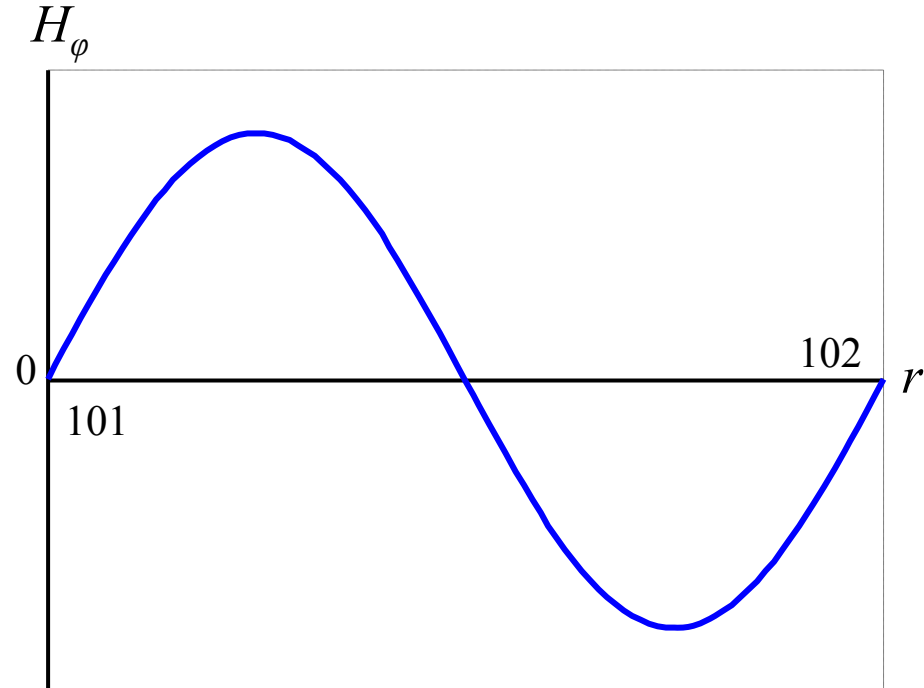
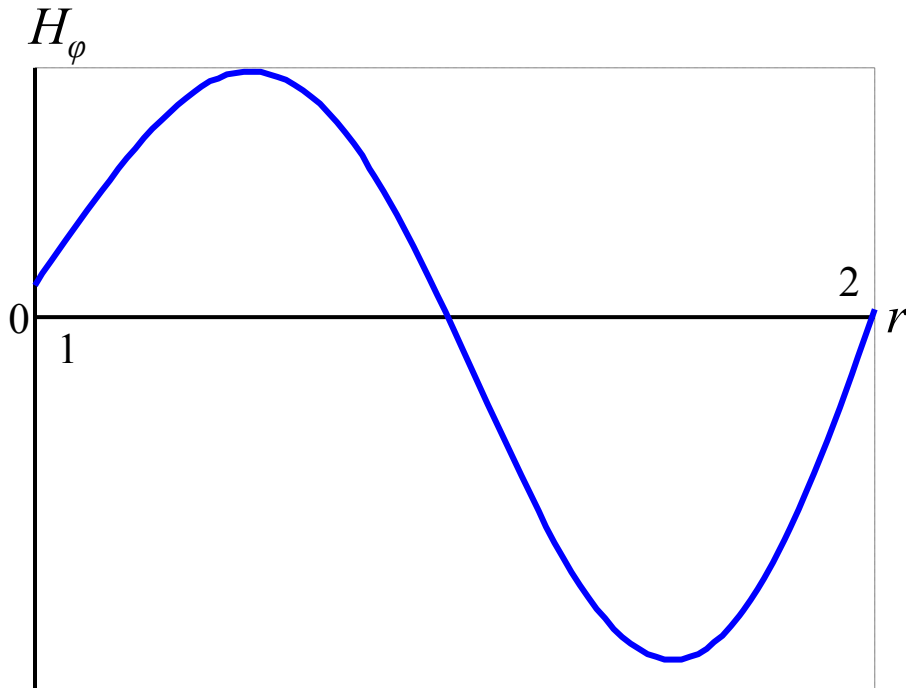


## Các nguyên lý cơ bản của anten (6)

$$H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right)$$

VD  $I_0 d = 4\pi$ ,  $\theta = 90^\circ$ ,  $t = 0$ ,  $f = 300 \text{ MHz}$ ,  $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $\lambda = 1 \text{ m}$

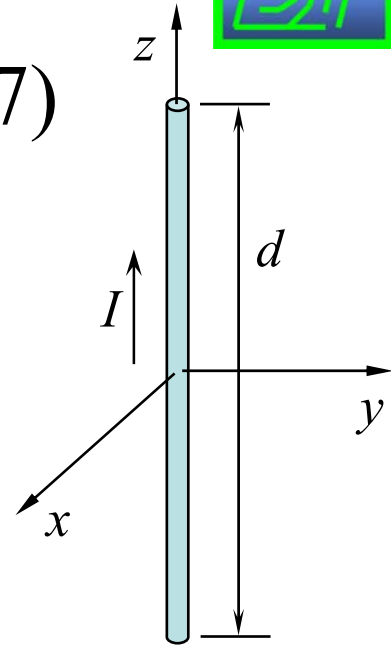
$$\rightarrow H_{\varphi} = \frac{1}{r^2} (\cos 2\pi r + 2\pi r \sin 2\pi r)$$





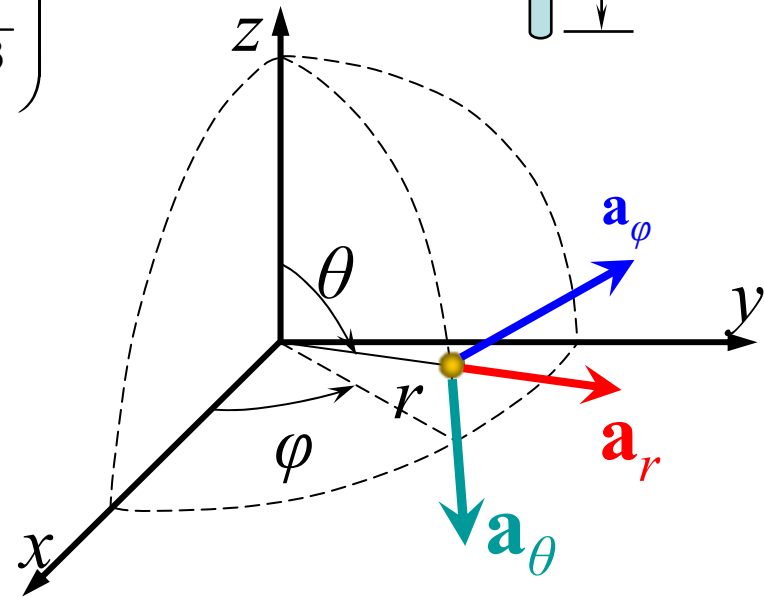
# Các nguyên lý cơ bản của anten (7)

$$\begin{cases} H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right) \\ E_{rs} = \frac{I_0 d \eta}{2\pi} \cos \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( \frac{1}{r^2} + \frac{1}{j2\pi r^3} \right) \\ E_{\theta s} = \frac{I_0 d \eta}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left( j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{j2\pi r^3} \right) \end{cases}$$



$$\rightarrow \begin{cases} H_{\varphi s} = j \frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{rs} = 0 \\ E_{\theta s} = j \frac{I_0 d \eta}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \end{cases}$$

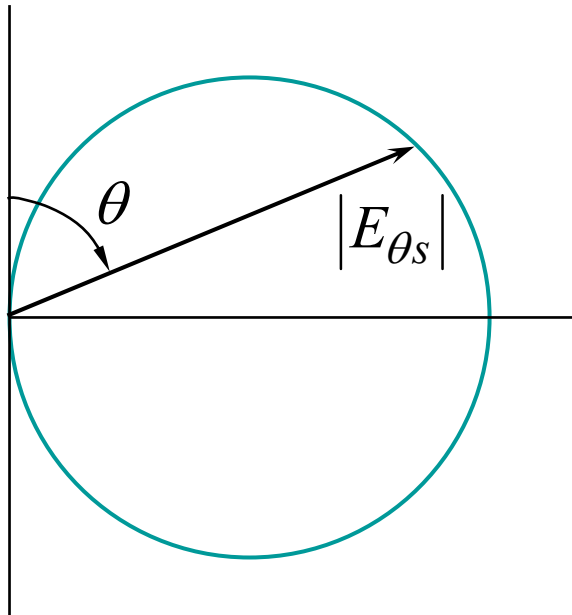
$$\rightarrow E_{\theta s} = \eta H_{\varphi s}$$





## Các nguyên lý cơ bản của anten (8)

$$\begin{cases} H_{\varphi s} = j \frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{\theta s} = j \frac{I_0 d \eta}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \end{cases}$$



Dẫn sóng & bức xạ



## Các nguyên lý cơ bản của anten (9)

$$\left. \begin{aligned} H_{\varphi s} &= j \frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{\theta s} &= j \frac{I_0 d \eta}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{\theta s} &= \eta H_{\varphi s} \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} E_{\theta} = \eta H_{\varphi} \\ H_{\varphi} = -\frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta \sin \left( \omega t - \frac{2\pi r}{\lambda} \right) \end{cases}$$

$$S_r = E_{\theta} H_{\varphi} = \left( \frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2 \eta \sin^2 \theta \sin^2 \left( \omega t - \frac{2\pi r}{\lambda} \right)$$

$$S = \int_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi} \int_{\theta=0}^{\theta=\pi} S_r r_0^2 \sin \theta d\theta d\varphi = \left( \frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2 \eta \frac{2\pi}{3} \sin^2 \left( \omega t - \frac{2\pi r_0}{\lambda} \right)$$

$$\rightarrow S_{\text{tbình}} = \left( \frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2 \eta \frac{\pi}{3} = 40\pi^2 \left( \frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2$$

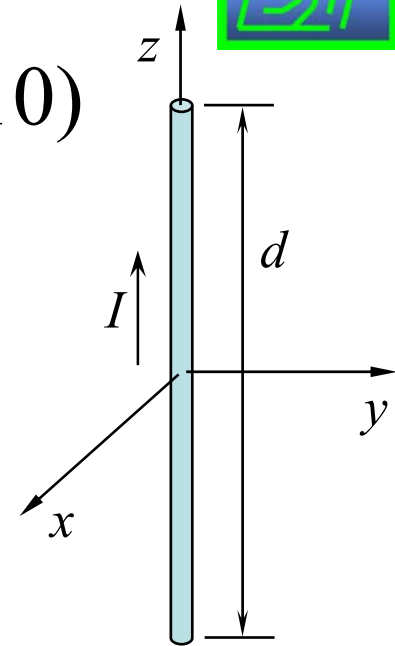


# Các nguyên lý cơ bản của anten (10)

$$S_{\text{tbình}} = 40\pi^2 \left( \frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2$$

$$P_{\text{tbình}} = \frac{1}{2} I_0^2 R_{\text{bức xạ}}$$

$$R_{\text{bức xạ}} = \frac{2P_{\text{tbình}}}{I_0^2} = 80\pi^2 \left( \frac{d}{\lambda} \right)^2$$





## Ví dụ Các nguyên lý cơ bản của anten (11)

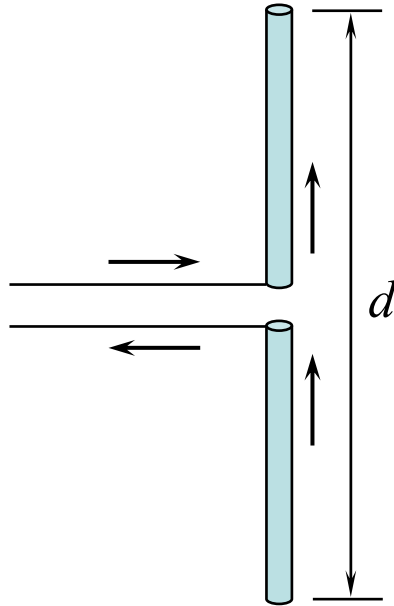
Xét một nguyên tố anten thẳng, dài  $d = 1\text{m}$ , có dòng điện  $I_0 = 1\text{A}$ , đặt trong không khí. Tính công suất & tổng trở bức xạ trong 2 trường hợp:

a)  $f = 3\text{ MHz}$ ;

b)  $f = 300\text{ Hz}$

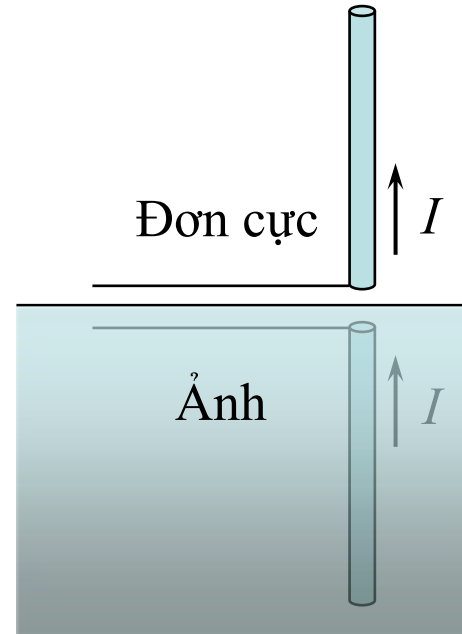
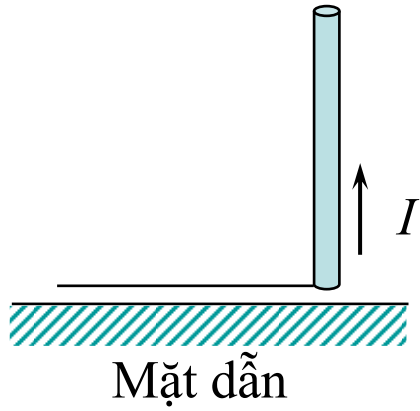


# Các nguyên lý cơ bản của anten (12)





# Các nguyên lý cơ bản của anten (13)



# Nội dung

1. Giới thiệu
2. Giải tích véctơ
3. Luật Coulomb & cường độ điện trường
4. Dịch chuyển điện, luật Gauss & ðive
5. Năng lượng & điện thế
6. Dòng điện & vật dẫn
7. Điện môi & điện dung
8. Các phương trình Poisson & Laplace
9. Từ trường ðùng
10. Lực từ & điện cảm
11. Trường biến thiên & hệ phương trình Maxwell
12. Sóng phẳng
13. Phản xạ & tán xạ sóng phẳng
14. Dẫn sóng & bức xạ