Trao đổi trực tuyến tại:

www.mientayvn.com/chat_box_li.html

BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

Tác giả: PGS. TS Đỗ Ngọc Uấn

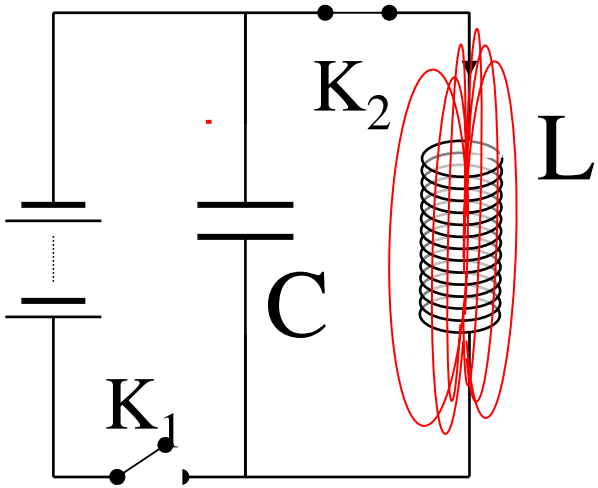
Viện Vật lý kỹ thuật

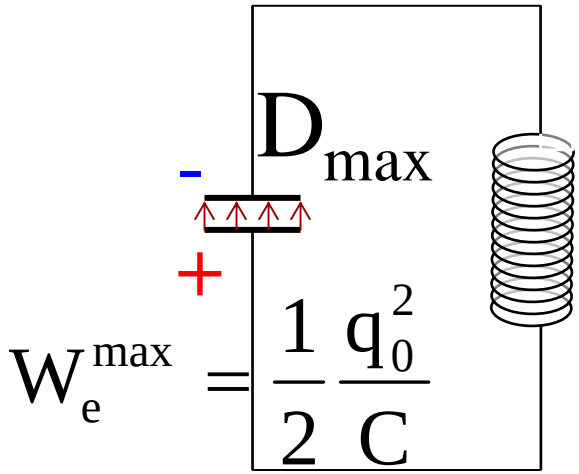
Trường ĐH Bách khoa Hà nội

DAO ĐỘNG & SÓNG ĐIỆN TỪ

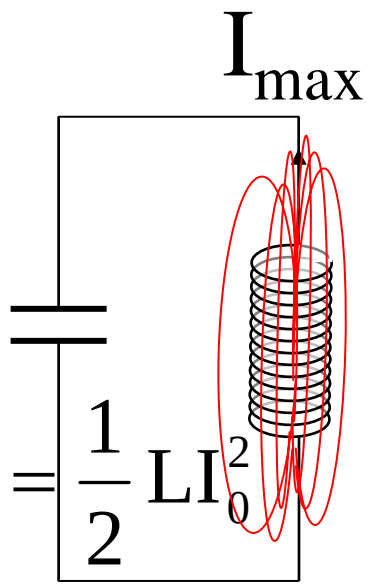
(Chương 8, 10)

1. Dao động điện từ điều hoà: Biến đổi tuần hoàn giữa các đại lượng điện và từ





$$W_e^{max} = \frac{1}{2}\frac{q_0^2}{C}$$



$$W_m^{max} = \frac{1}{2}LI_0^2$$

- Mạch không có điện trở thuần, không bị mất mát năng lượng

$$W_e + W_m = \text{const}$$

$$\frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}LI^2 = \text{const}$$

$$\frac{q}{C}\frac{dq}{dt} + LI\frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{q}{C} + L\frac{dI}{dt} = 0$$

Lấy đạo hàm hai vế theo thời gian

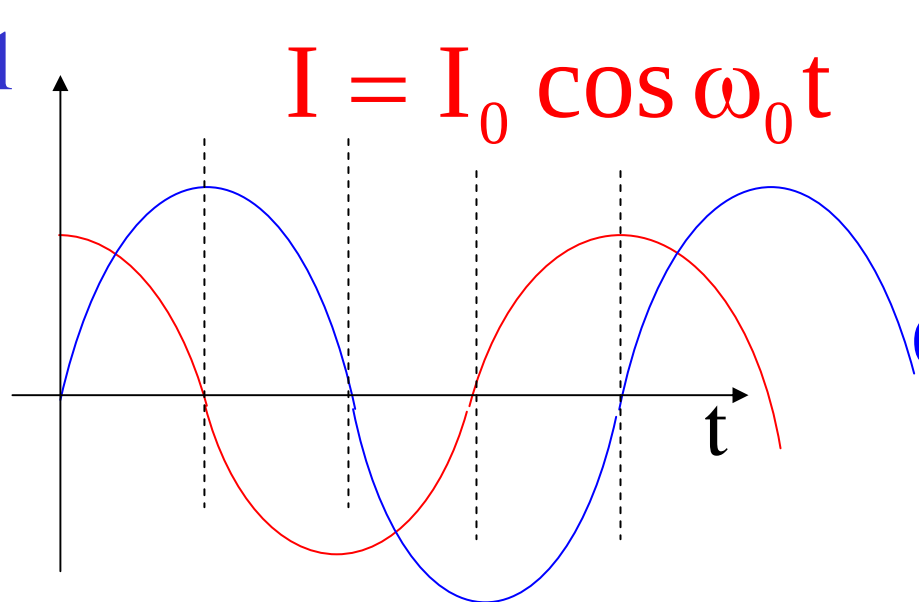
$$\frac{d^2I}{dt^2} + \omega_0^2 I = 0$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

/ Dao động điện từ trong mạch LC là dao động điều hoà

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$

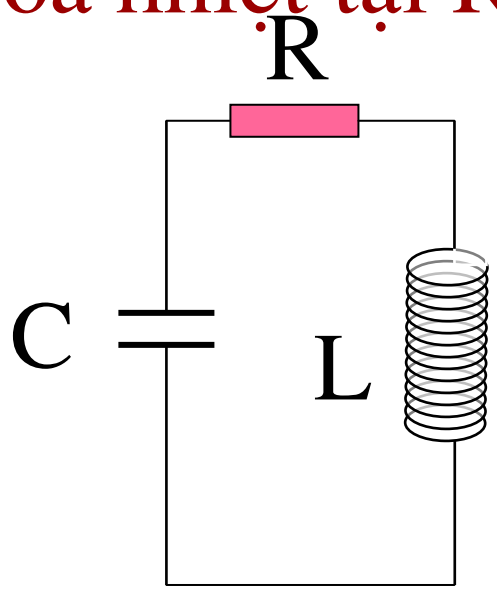
$$I = I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$



$$q = q_0 \sin \omega_0 t$$

2.Dao động điện từ tắt dần

Toả nhiệt tại R



Biên độ dòng (điện tích) giảm dần -> tắt hẳn

6.1 f/t Dao động điện từ tắt dần

Toả nhiệt tại R, mất năng lượng trong dt:

$-dW = RI^2dt$

$$\frac{q}{C} + L\frac{dI}{dt} = -RI$$

$$-d\left(\frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}LI^2\right) = RI^2dt$$

$$\frac{d^2I}{dt^2} + 2\beta\frac{dI}{dt} + \omega_0^2 I = 0$$

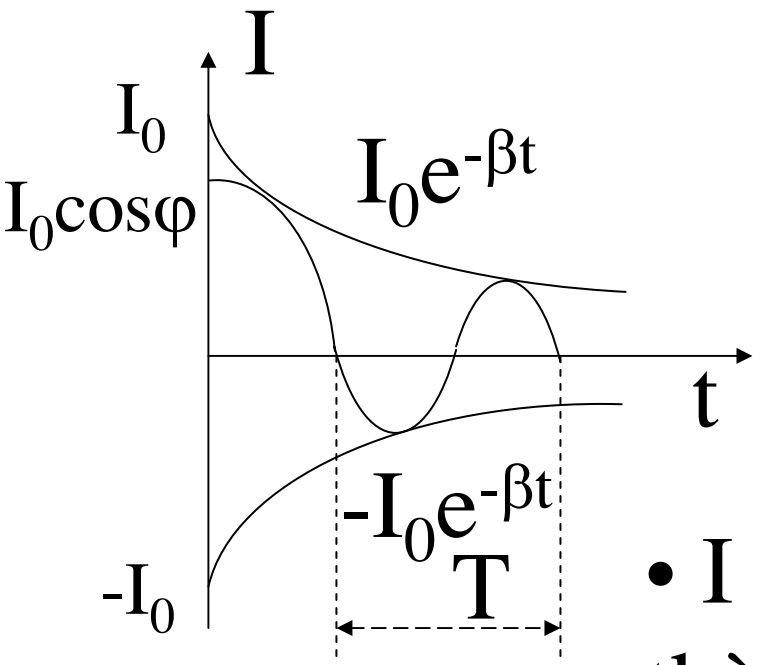
$$\frac{q}{C}\frac{dq}{dt} + LI\frac{dI}{dt} = -RI^2$$

$$2\beta = \frac{R}{L} \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Điều kiện để có dao động $\omega_0 > \beta$

$$I = I_0 e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$



$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$$

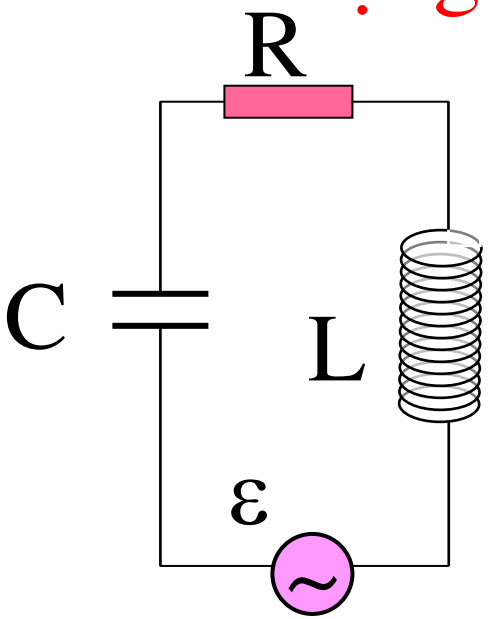
• I giảm dần theo hàm mũ với thời gian

• Điều kiện để có dao động $\omega_0 > \beta$

$$\frac{1}{LC} > \left(\frac{R}{2L}\right)^2 \quad R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$R_0 = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$ • Điện trở tới hạn

3. Dao động điện từ cưỡng bức: $\varepsilon=\varepsilon_0 \sin\Omega t$



- Trong thời gian dt mất RI^2dt, cung cấp thêm εIdt

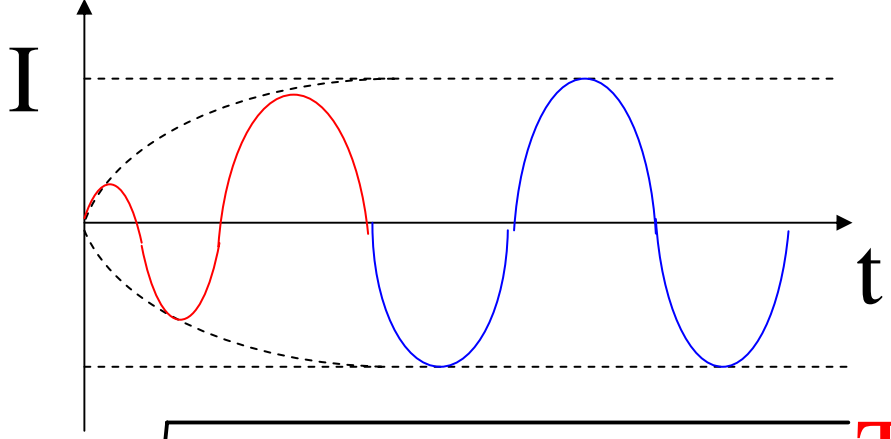
$$d\left(\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}+\frac{1}{2}LI^2\right)+RI^2dt=\varepsilon.I.dt$$

$$\frac{q}{C}\frac{dq}{dt}+LI\frac{dI}{dt}+RI^2=I\varepsilon_0\sin\Omega t$$

$$\frac{d^2I}{dt^2}+2\beta\frac{dI}{dt}+\omega_0^2 I=\frac{\varepsilon_0\Omega}{L}\cos\Omega t$$

$I=I_{td}+I_{cb}$ sau một thời gian I_{td} tắt hẳn, chỉ còn I_{cb}

$$I=I_{cb}=I_0\cos(\Omega t+\Phi)$$



$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (\Omega L - \frac{1}{\Omega C})^2}}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\Omega L - \frac{1}{\Omega C})^2}$$ Tổng trở của mạch

$$tg\Phi = \frac{\Omega L - \frac{1}{\Omega C}}{R}$$

$Z_L = \Omega L$ Cảm kháng

$Z_C = \frac{1}{\Omega C}$ Dung kháng

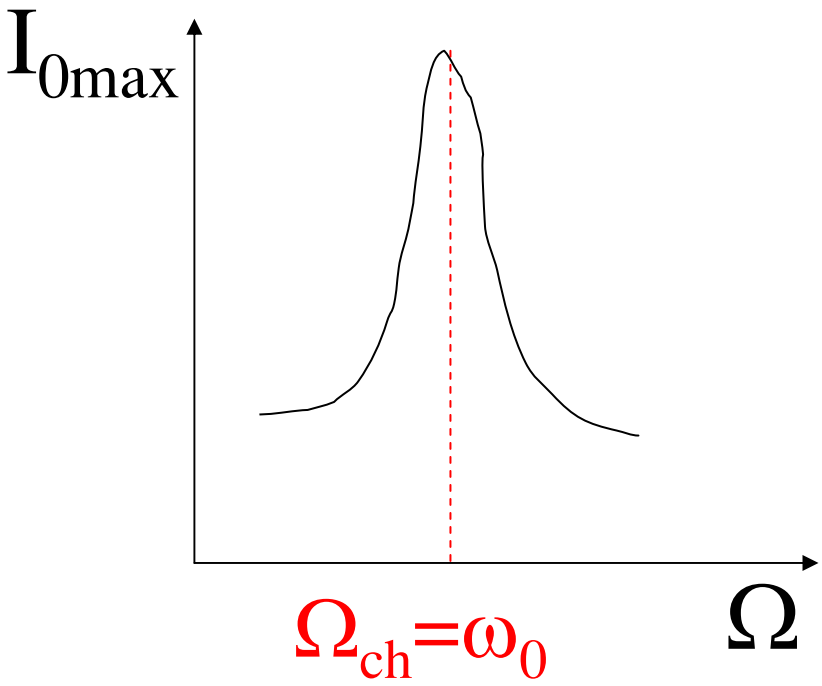
Cộng hưởng I_0 đạt cực đại

$$\Omega L = \frac{1}{\Omega C} \rightarrow \Omega_{ch} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

$$I_{0\max} = \frac{\varepsilon_0}{R}$$

- Tần số cưỡng bức bằng tần số riêng của mạch -> Cộng hưởng

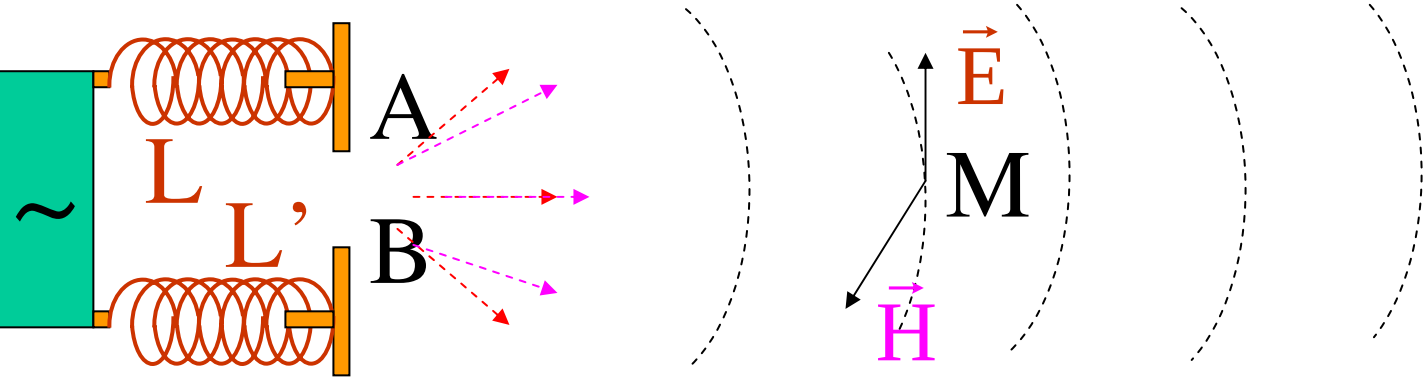
/ Ứng dụng: Hiệu suất cao nhất -> Bù pha



Chương 10: Sóng điện từ

1. Sự tạo thành sóng điện từ

Thí nghiệm của Héc:



. Sóng điện từ là trường điện từ biến thiên truyền đi trong không gian

2. Phương trình Mắc xoen của sóng điện từ

$\vec{E} = \vec{E}(x, y, z, t)$ $\quad \vec{H} = \vec{H}(x, y, z, t)$ $\quad \rho = 0$

$\vec{D} = \vec{D}(x, y, z, t)$ $\quad \vec{B} = \vec{B}(x, y, z, t)$ $\quad \vec{J} = 0$

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{rot}\vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$ $\quad \text{div}\vec{D} = 0$

$\text{div}\vec{B} = 0$ $\quad \vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$

Phương trình sóng

$$\text{rot}\vec{E} = -\mu_0 \mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0 \mu} \text{rot}\vec{E}$$

$$\text{rot}\vec{H} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\text{rot}\left(\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}\right) = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$-\frac{1}{\mu_0\mu}\,\mathrm{rot}(\mathrm{rot}\vec{E}) = \varepsilon_0\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\mathrm{rot}(\mathrm{rot}\vec{E}) + \mu_0\mu\varepsilon_0\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

$$-\Delta\vec{E} + \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0 \qquad \Delta\vec{E} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\mu\varepsilon_0\varepsilon}} \qquad v = \frac{C}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} \approx 3.10^8\,\mathrm{m/s}$$

$$\mathrm{rot}(\mathrm{rot}\vec{E}) = \nabla\mathrm{div}\vec{E} - \nabla^2\vec{E} = -\Delta\vec{E}$$

3. Những t/c của sóng điện từ:

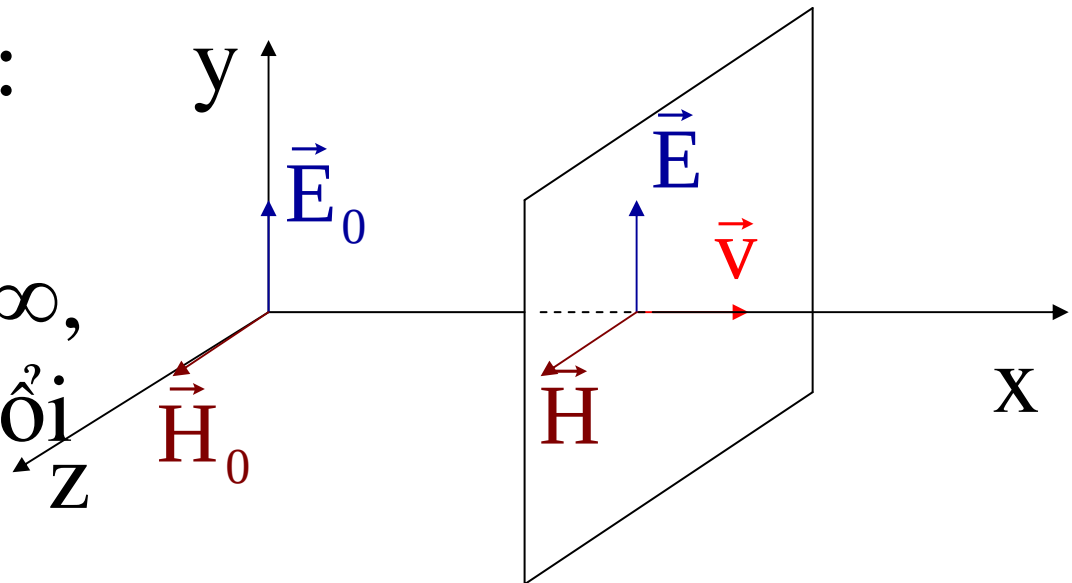
- Tồn tại cả trong chất, chân không
- Sóng ngang: E&H vuông góc với v
- Vận tốc trong môi trường chất

$$v = \frac{C}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$$

- Vận tốc trong chân không

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} \approx 3.10^8\,m/s$$

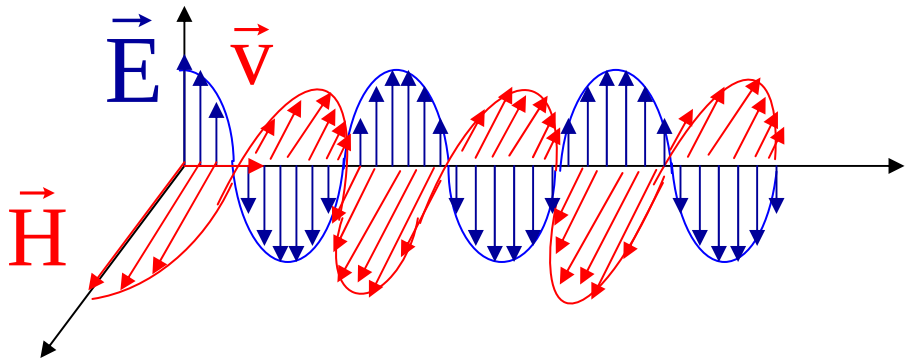
Sóng điện từ đơn sắc: Mặt sóng là các mặt phẳng song song: từ ∞, phương E,H không đổi



Hai véc tơ luôn vuông góc $\vec{E} \perp \vec{H}$

$\vec{E}, \vec{H}, \vec{v}$ theo thứ tự đó hợp thành tam diện thuận 3 mặt vuông

$\vec{E}, \vec{H}$ luôn dao động cùng pha và có tỷ lệ



$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon}\,|\vec{E}| = \sqrt{\mu_0 \mu}\,|\vec{H}|$$

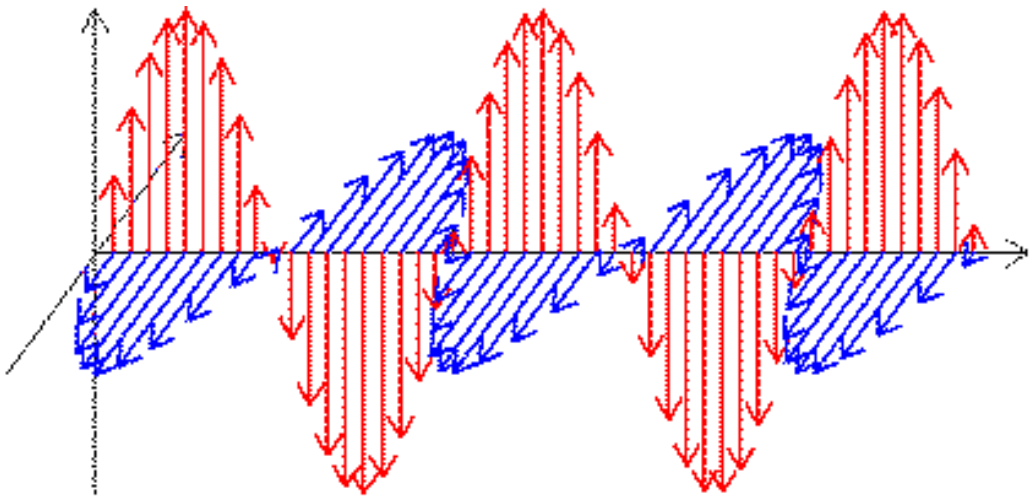
$$E = E_m \cos\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

$$H = H_m \cos\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

4. Năng lượng sóng điện từ

$$\varpi = \frac{1}{2}\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon}E^2 + \frac{1}{2}\sqrt{\mu_0 \mu}H^2$$

Sóng điện từ lan truyền:



$$\varpi = \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \mu_0 \mu H^2 = \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E \sqrt{\mu_0 \mu} H$$

- Năng thông của sóng điện từ

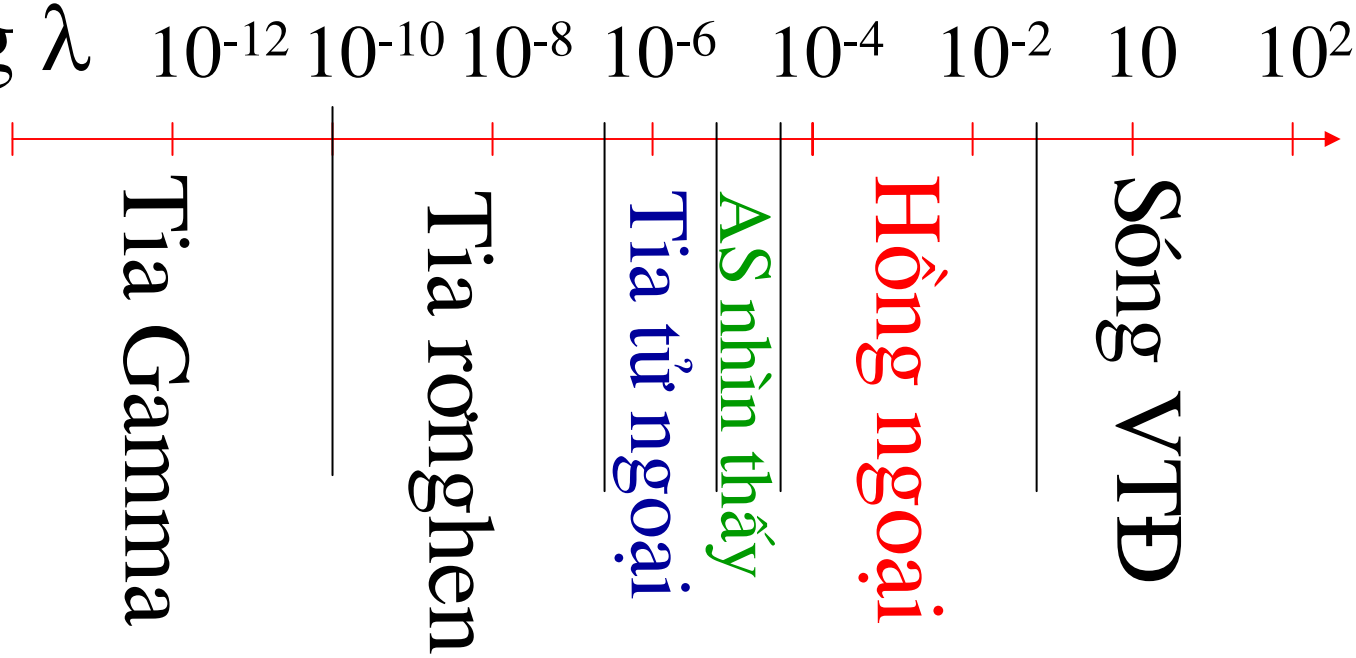
$$\Phi = \varpi v$$

$$\Phi = EH$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \mu \varepsilon_0 \varepsilon}}$$

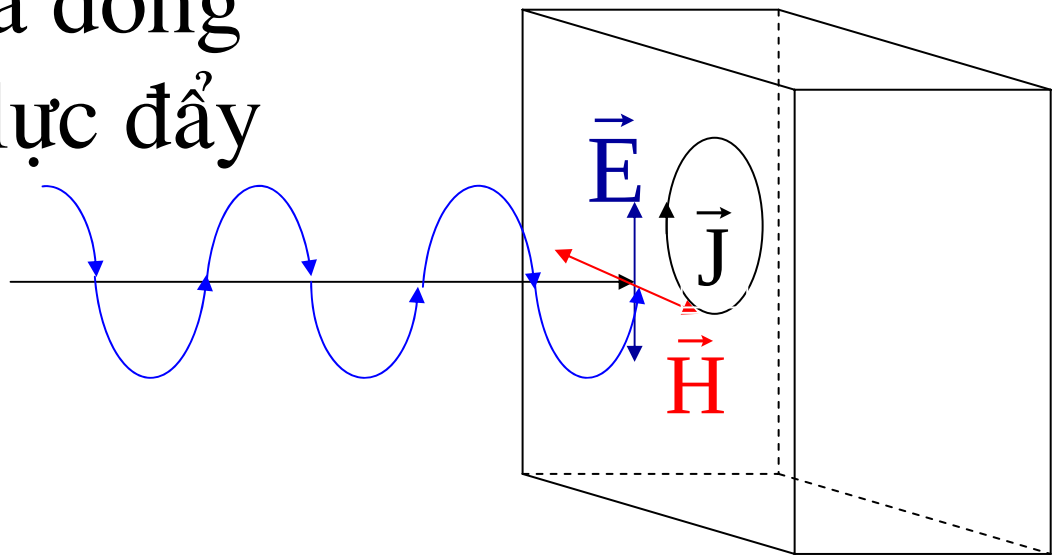
- Véc tơ Umôp-Poynting $\vec{\Phi} = \vec{E} \times \vec{H}$

5. Thang sóng λ cm



6. Áp suất sóng điện từ

Trường điện từ gây ra dòng cảm ứng J -> gây ra lực đẩy



áp suất $p=(1+k)\ \varpi$

$$\varpi \le p \le 2\varpi$$

AS mặt trời có năng thông $\Phi \sim 10^3 W/m^2$

$$\varpi = \Phi/c = 10^3/(3.\ 10^8) J/m^3$$

áp suất AS mặt trời tác dụng lên mặt vật dẫn phản xạ hoàn toàn k=1:

$$p=2.\ 10^3/(3.\ 10^8)=0{,}7.10^{-5}\ N/m^2$$