

Chương 1: Dao động - sóng

A. Dao động

- ❖ Dao động cơ
- ❖ Dao động điện từ
- ❖ Tổng hợp dao động



B. Sóng

- ❖ Sóng cơ - Sóng âm và hiệu ứng Doppler
- ❖ Sóng điện từ



Dao động điện từ

Dao động điện từ là sự biến thiên tuần hoàn theo thời gian của các đại lượng điện và từ.

2.1. Dao động điện từ điều hòa

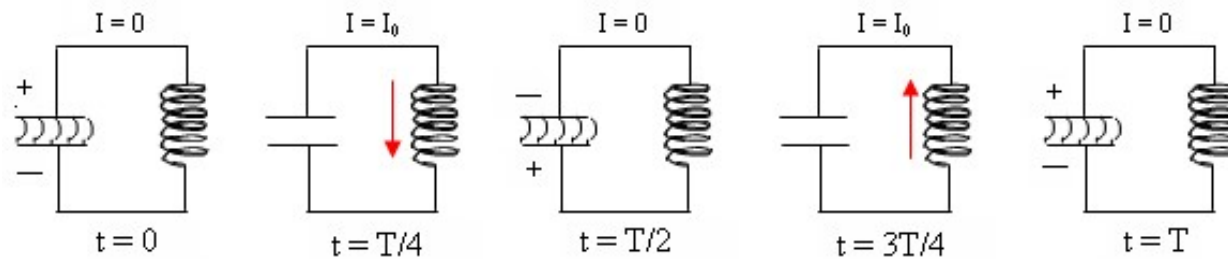
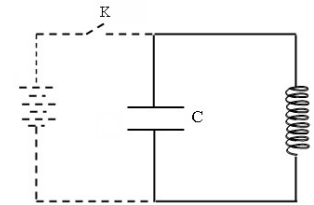
2.2. Dao động điện từ tắt dần

2.2. Dao động điện từ cưỡng bức

Dao động điện từ

1. Dao động điện từ điều hòa

* Mạch dao động điện từ LC



$$E_e \leftrightarrow E_m$$
$$E = E_e + E_m = \text{const} = \begin{cases} (E_e)_{\max} = \frac{Q_0^2}{2C} \\ (E_m)_{\max} = \frac{LI_0^2}{2} \end{cases}$$

Dao động điện từ

❖ Phương trình dao động điện từ điều hoà

$$E = E_e + E_m = \text{const} \quad \rightarrow \quad E = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \text{const}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{d^2i}{dt^2} + \omega_0^2 i = 0$$

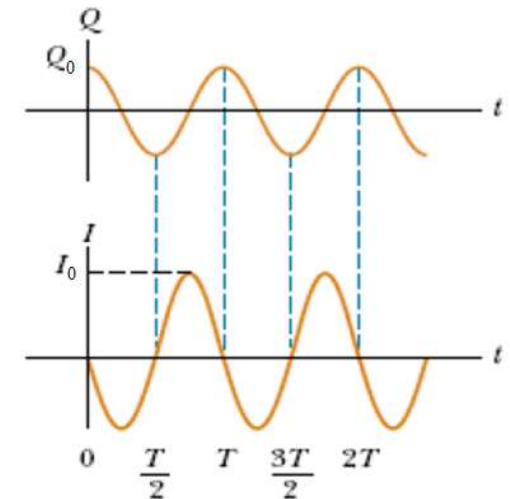
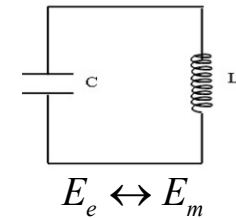
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

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

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

$$q = Q_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

$$u = U_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$



Dao động điện từ

2. Dao động điện từ tắt dần

* Mạch dao động điện từ RLC

* Phương trình dao động điện từ tắt dần

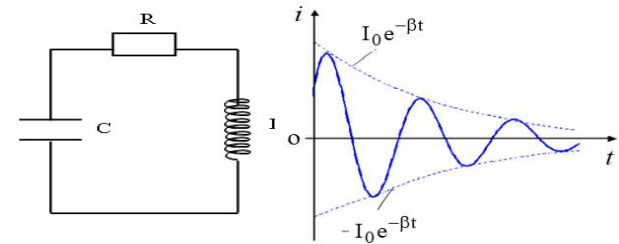
$$-dE = Ri^2 dt \quad E = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$$

$$\rightarrow \frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0 \quad 2\beta = \frac{R}{L}, \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

Điều kiện: $\omega_0 > \beta$ hay $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}} = R_0$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} < \omega_0$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} > T_0$$



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

$$q = Q_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u = U_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\delta = \ln \frac{I_0 e^{-\beta t}}{I_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta T$$

Dao động điện từ

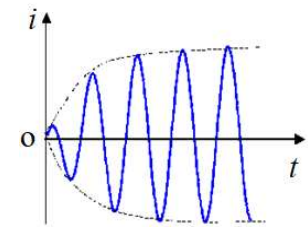
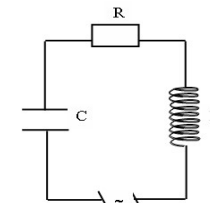
3. Dao động điện từ cưỡng bức

* Mạch dao động

* Phương trình dao động điện từ cưỡng bức

$$dE + Ri^2 dt = \varepsilon i dt \quad \frac{R}{L} = 2\beta, \quad \frac{1}{LC} = \omega_0^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = \frac{\varepsilon_0 \Omega}{L} \cos \Omega t$$

$$\Rightarrow i = I_0 \cos(\Omega t + \Phi)$$



$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \Omega t$$

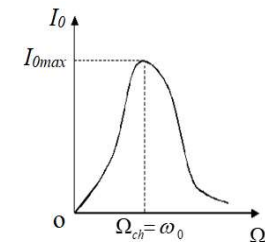
$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C} \right)^2}}$$

* Hiện tượng cộng hưởng:

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

$$\Omega L - \frac{1}{\Omega C} = 0 \quad \text{hay} \quad \Omega_{ch} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

Hiện tượng cộng hưởng điện xảy ra khi tần số góc của nguồn xoay chiều kích thích có giá trị bằng tần số góc riêng của mạch dao động.



Tổng hợp hai dao động điện từ

1. Tổng hợp hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số



$$x_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2)$$

$$\rightarrow x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

- Nếu x_1 và x_2 cùng pha



$$(\varphi_2 - \varphi_1) = 2k\pi \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$A = A_1 + A_2 = A_{\max}$$

- Nếu x_1 và x_2 ngược pha

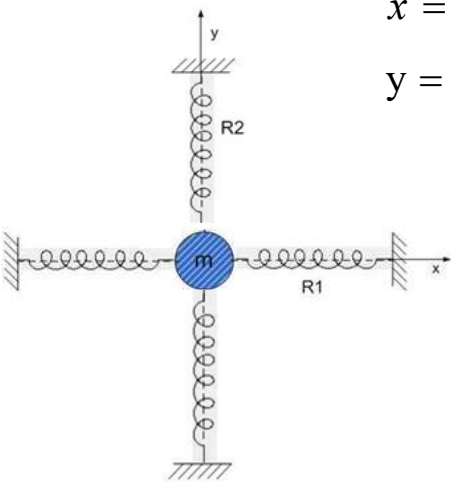


$$(\varphi_2 - \varphi_1) = (2k+1)\pi \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$A = |A_1 - A_2| = A_{\min}$$

Tổng hợp hai dao động điện từ

2. Tổng hợp hai dao động điều hoà có phương vuông góc và cùng tần số góc

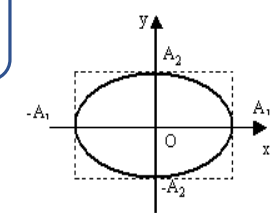
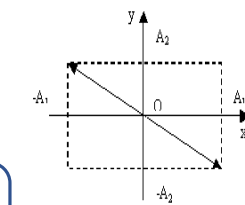
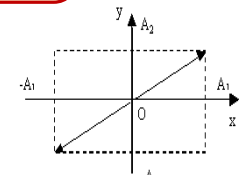
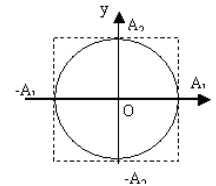


$$\begin{aligned} x &= A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1) \\ y &= A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2) \end{aligned} \rightarrow \frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$$

- Nếu: $(\varphi_2 - \varphi_1) = 2k\pi \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \rightarrow y = \frac{A_2}{A_1} x$

- Nếu: $(\varphi_2 - \varphi_1) = (2k + 1)\pi \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \rightarrow y = -\frac{A_2}{A_1} x$

- Nếu: $(\varphi_2 - \varphi_1) = (2k + 1)\frac{\pi}{2} \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
 $A_1 = A_2 = A \rightarrow x^2 + y^2 = A^2$



Sóng

1. Sóng - Sóng cơ - Sóng âm

➤ Một số khái niệm cơ bản:

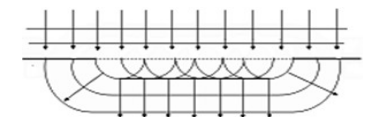
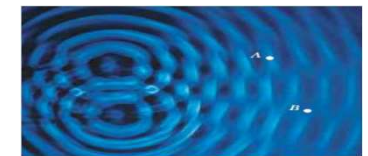
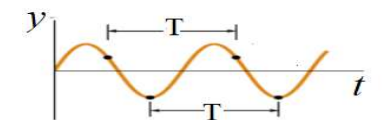
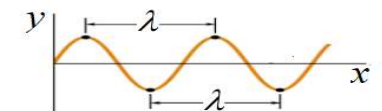
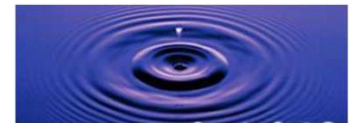
- Định nghĩa: Sóng là quá trình lan truyền dao động
- Phân loại theo cách truyền: Sóng ngang, sóng dọc.
- Trường sóng, mặt sóng, mặt đầu sóng (sóng cầu, sóng phẳng), nguồn sóng, tia sóng.....

➤ Các đại lượng đặc trưng:

Biên độ, tần số, chu kỳ, bước sóng, pha, vận

tốc ... ➤ **Phương trình sóng:** $u = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$

- Nguyên lý chồng chất các sóng:
- Nguyên lý Huyghen:
- Sự giao thoa, nhiễu xạ:



Sóng

2. Hiệu ứng Doppler

- Nguồn A phát ra âm có tần số f và chuyển động vận tốc u
- Nguồn thu B nhận được âm có tần số f' và chuyển động vận tốc u'
- V : vận tốc truyền âm trong môi trường.

$$f' = \frac{V + u'}{V - u} f$$

Quy ước về dấu: $u, u' > 0$ khi các nguồn phát /thu chuyển động đến gần nhau.

$u, u' < 0$ khi các nguồn phát /thu chuyển động đi xa nhau.

$u=0, u'=0$ khi nguồn phát / thu đứng yên



Sóng

3. Sóng điện từ

➤ Hệ phương trình Maxwell của sóng điện từ:

$$\begin{aligned} \text{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} & \text{rot} \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \text{div} \vec{D} &= \rho & \text{div} \vec{B} &= 0 \\ \vec{D} &= \epsilon_0 \epsilon \vec{E} & \vec{B} &= \mu_0 \mu \vec{H} & \vec{j} &= \sigma \vec{E} \end{aligned}$$

➤ Những tính chất tổng quát của sóng điện từ:

- ✓ Là sóng ngang, tồn tại trong chân không và trong môi trường chất.
- ✓ Vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường đồng chất, đẳng hướng:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

➤ Mật độ năng lượng sóng điện từ:

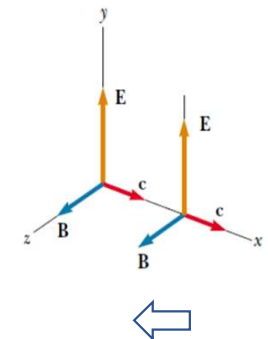
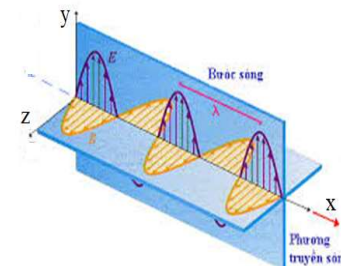
$$\omega = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 + \frac{1}{2} \mu_0 \mu H^2$$

➤ Phương trình dao động sóng phẳng đơn sắc:

$$E = E_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right); \quad H = H_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

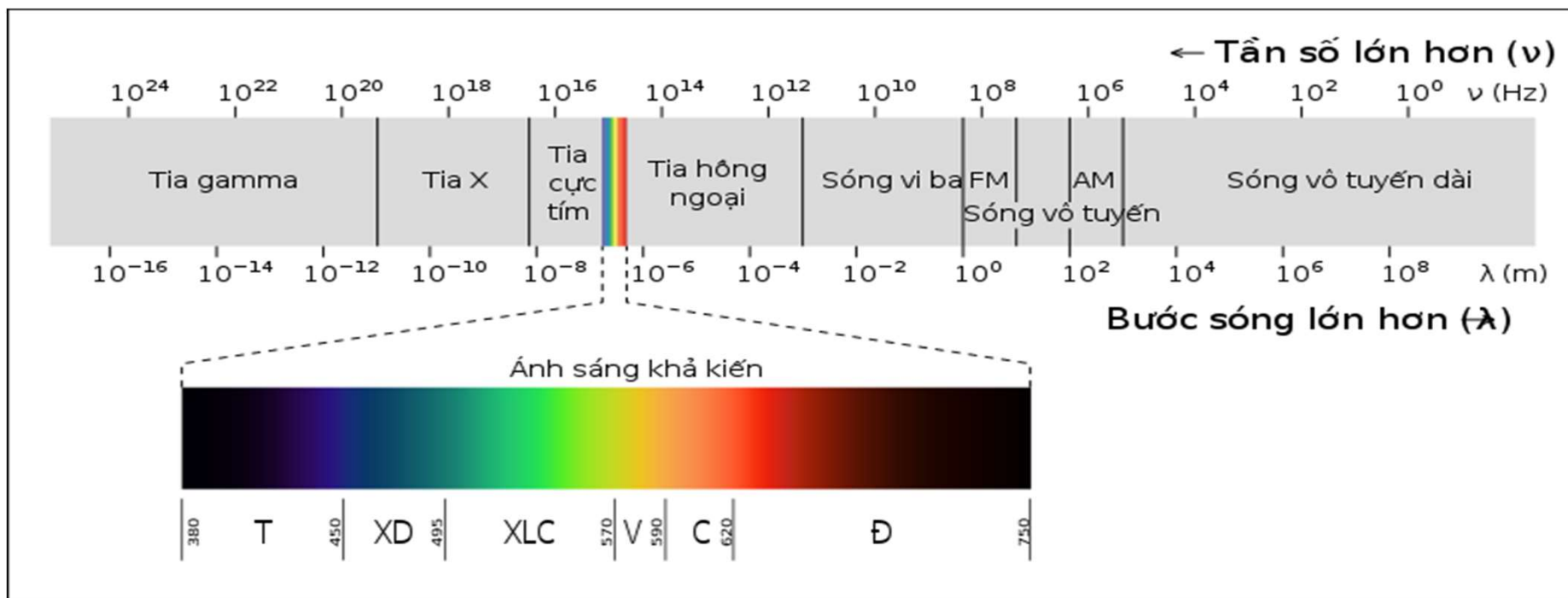


James Clerk Maxwell
(1831-1879)



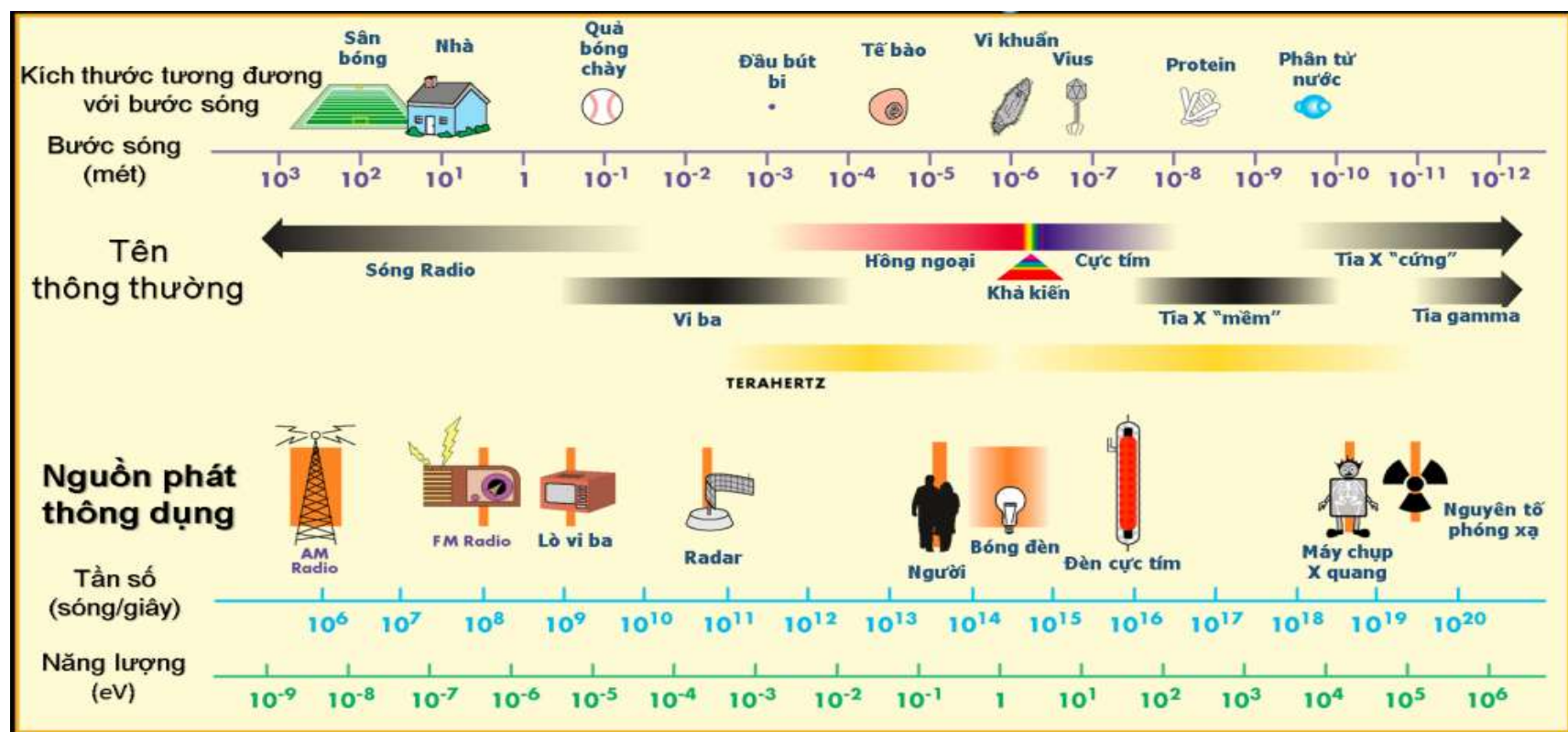
Sóng

➤ Phân chia bức xạ của sóng điện từ



Sóng

➤ Các ứng dụng của sóng điện từ

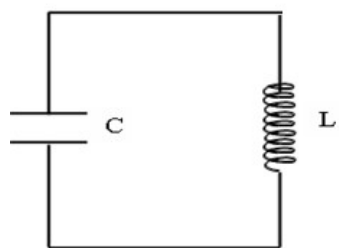


Bài 1 Một mạch dao động điện từ điều hoà gồm một cuộn dây thuần cảm có hệ số tự cảm $L = 5 \cdot 10^{-2} \text{H}$ và một tụ điện có điện dung $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{F}$, tụ được tích điện tới hiệu điện thế cực đại $U_0 = 120 \text{V}$. Tính:

a. Tần số dao động của mạch.

b. Năng lượng điện từ của mạch.

c. Dòng điện cực đại trong mạch.



$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2.3,14 \cdot \sqrt{5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 500(\text{Hz})$$

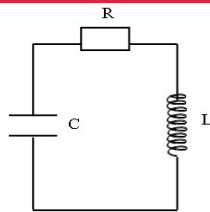
$$W = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}2 \cdot 10^{-6} \cdot (120)^2 = 0,014 \text{J}$$

$$W = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}LI_0^2 \Rightarrow I_0 = \sqrt{\frac{CU_0^2}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot (120)^2}{5 \cdot 10^{-2}}} = 0,76 \text{A}$$

Bài 2

Một mạch dao động điện từ gồm tụ điện có $C = 7\mu\text{F}$, cuộn dây có $L = 0,23\text{H}$ và điện trở $R = 40\Omega$. Ban đầu điện tích trên hai bản tụ $Q_0 = 5,6 \cdot 10^{-4}\text{C}$.

- Tìm:
- Chu kỳ dao động điện từ trong mạch.
 - Lượng giảm lôga của mạch dao động điện từ tương ứng.
 - Phương trình biến thiên theo thời gian của cường độ dòng điện trong mạch và hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện.



$$R = 40\Omega \neq 0 \dots < R_0 \quad q = Q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$
$$t = 0 \rightarrow q = Q_0 \cos \varphi \quad q = Q_0 \rightarrow \varphi = 0 \rightarrow q = Q_0 e^{-\beta t} \cos \omega t$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} = 8 \cdot 10^{-3}\text{s} \quad \delta = \beta T = \frac{RT}{2L} = 0,7 \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 250\pi (\text{rad/s})$$
$$i = \frac{dq}{dt} = 0,44 e^{-87t} \cos\left(250\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{A}) \quad u = \frac{q}{C} = 80 e^{-87t} \cos 250\pi t (\text{V})$$

Bài tập ví dụ



Bài 3: Một con Dơi bay theo hướng tới vuông góc với một bức tường với vận tốc 6 m/s. Con Dơi phát ra tia siêu âm có tần số $4,5 \cdot 10^4$ Hz. Hỏi Dơi nhận được âm phản xạ có tần số là bao nhiêu? Biết vận tốc âm truyền trong không khí là 340 m/s.

$$f' = \frac{v + u'}{v - u} f$$

Bức tường nhận được tín hiệu từ Dơi:

$$f_1' = \frac{v + u_1'}{v - u_1} f_1$$

Trong đó

$$f_1 = f_{\text{dơi}} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Hz}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$u_1' = u_{\text{bt}} = 0$$

$$u_1 = u_{\text{dơi}} = +6 \text{ m/s}$$

Dơi nhận được tín hiệu phản xạ từ bức tường:

$$f_2' = \frac{v + u_2'}{v - u_2} f_2$$

$$f_2 = f_1' = \dots$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$u_2' = u_{\text{dơi}} = +6 \text{ m/s}$$

$$u_2 = u_{\text{bt}} = 0$$

