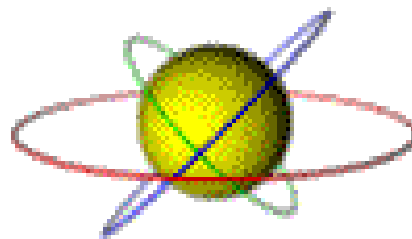




HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

BỘ MÔN VẬT LÝ



VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 1



Chương 12: DAO ĐỘNG

NỘI DUNG

I – Dao động cơ điều hòa, tắt dần, cưỡng bức

II– Dao động điện từ điều hòa, tắt dần, cưỡng bức

III- Tổng hợp các dao động điều hòa



I. DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

- Phương trình dao động: $x = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$
 - Biên độ dao động: $A = |x_{\max}|$
 - Tần số góc riêng: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$
 - Pha của dao động: $(\omega_0 t + \varphi)$, φ là pha ban đầu của dao động
 - Vận tốc của dao động: $v = \frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$
 - **Năng lượng dao động:**
 - + Động năng: $W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi)$
 - + Thế năng: $W_t = \int_0^x F dx = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$
- Suy ra, cơ năng:** $W = W_d + W_t = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2$



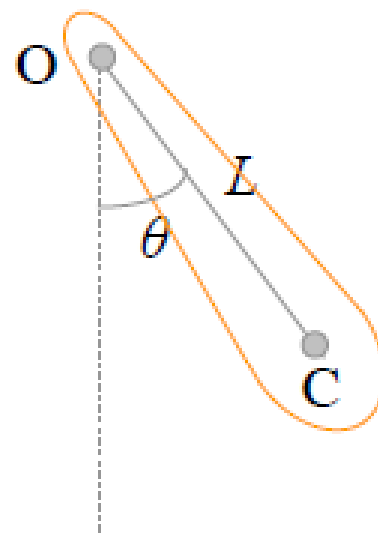
I. DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

- Con lắc vật lý:

- Góc lệch θ là đại lượng dao động điều hòa.
- Tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$$

- L : khoảng cách từ khối tâm C đến trục quay O .
- I : momen quán tính của vật đối với trục quay.
- Cơ năng bảo toàn.





I. DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

2. Dao động cơ tắt dần:

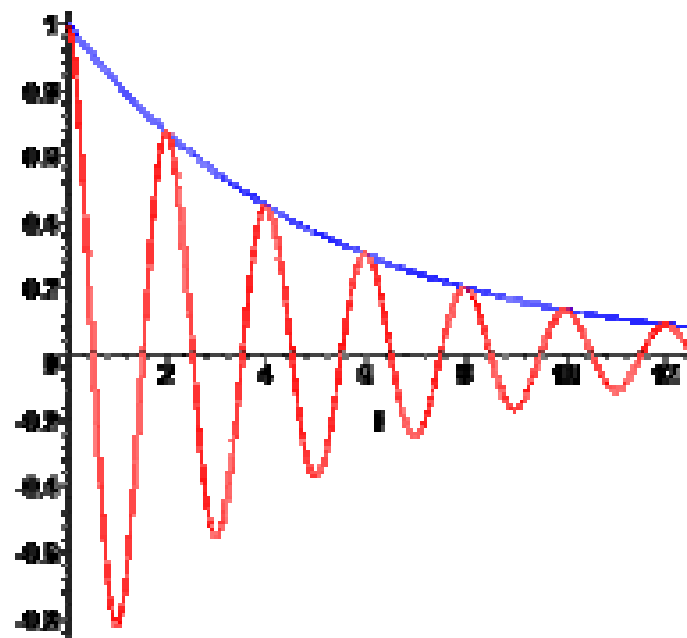
- Xét một con lắc lò xo chịu tác động của lực cản

$$\vec{f} = -r\vec{v}$$

- Phương trình chuyển động là:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \beta = \frac{r}{2m}$$



- PT dao động tắt dần:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{với: } \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$



I. DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

- Độ giảm loga: $\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$

- Biên độ dao động tắt dần: $A_0 e^{-\beta t} \Rightarrow -A_0 e^{-\beta t} \leq x \leq A_0 e^{-\beta t}$

- Nhận xét:

+ Hệ chỉ thực hiện dao động tắt dần khi $\omega_0 > \beta$

+ $\omega_0 \leq \beta$ lực cản quá lớn hệ không thể dao động.

3. Dao động cơ cưỡng bức:

- Là dao động của hệ dưới tác dụng của ngoại lực biến thiên tuần hoàn (*ngoại lực này bù phần năng lượng đã mất do ma sát*). Hệ dao động với tần số bằng tần số lực cưỡng bức.



I. DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

- Thiết lập PT dao động cưỡng bức:

Lực đàn hồi: $F_{dh} = -kx$, Lực cản: $F_C = -rv$,

Lực cưỡng bức: $F_{CB} = H \cos \Omega t$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{r}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = \frac{H}{m} \cos \Omega t \quad \frac{k}{m} = \omega_0^2$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{H}{m} \cos \Omega t \quad \frac{r}{m} = 2\beta$$

+ Phương trình trên có nghiệm là: $x = x_{\text{tắt dần}} + x_{\text{cưỡng bức}}$

+ Sau một thời gian trễ, chỉ còn dao động cưỡng bức:

$$\mathbf{x = x_{\text{cưỡng bức}} = A \cos(\Omega t + \Phi)}$$



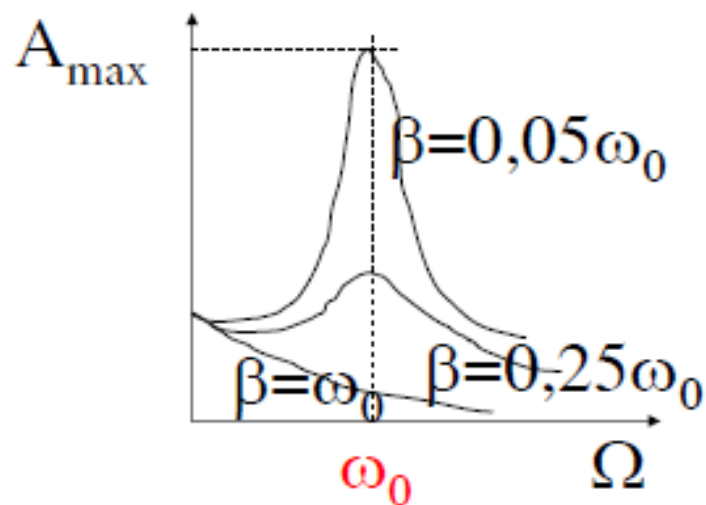
I. DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

Với:
$$A = \frac{H}{m\sqrt{(\Omega^2 - \omega_0^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}}$$

$$\tan \Phi = -\frac{2\beta\Omega}{\Omega^2 - \omega_0^2}$$

- Khảo sát dao động cơ cưỡng bức:

Ω	0	$\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$	∞
A	$\frac{H}{m\omega_0^2}$	A_{\max}	0



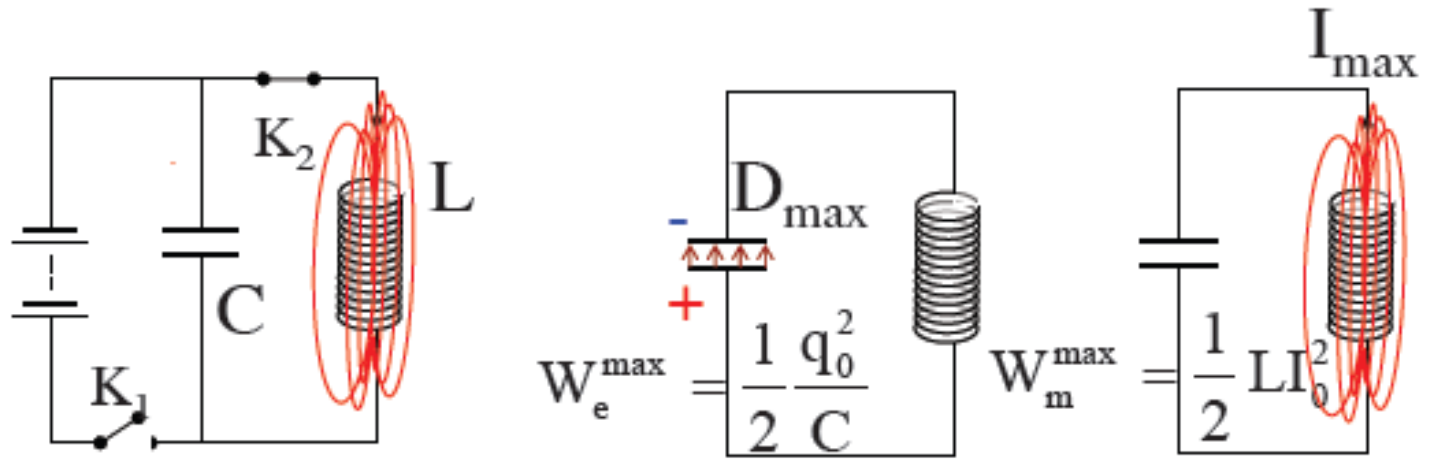
+ Hiện tượng cộng hưởng xảy ra khi $A = A_{\max} \Rightarrow \Omega_{\text{ch}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$

+ Khi β càng nhỏ hơn ω_0 thì hiện tượng cộng hưởng càng “nhọn”.

+ Khi $\beta = 0$ thì cộng hưởng gọi là cộng hưởng “nhọn”.

II. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

1. Dao động điện tử điều hòa: là các biến đổi tuần hoàn giữa các đại lượng điện và từ trong mạch dao động.



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

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

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

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



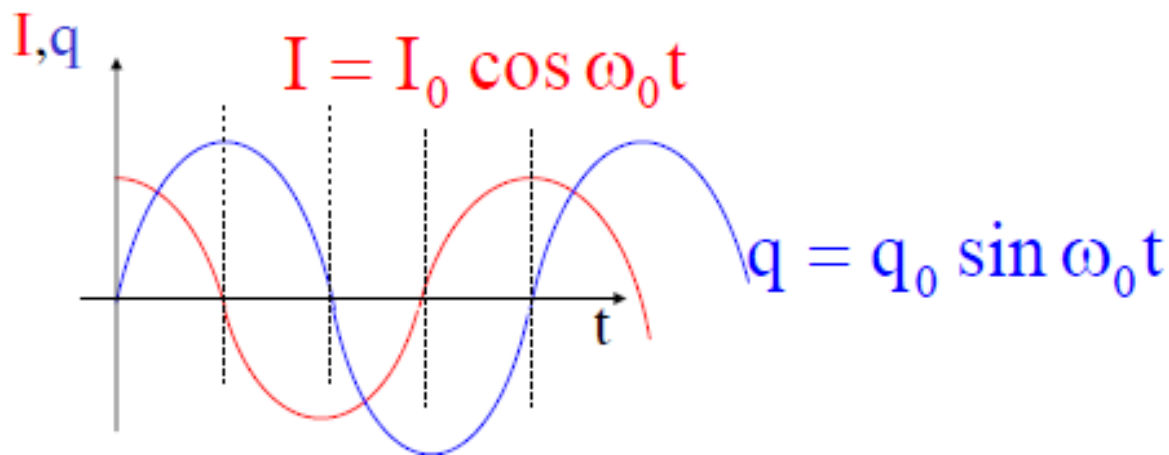
II. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

$$\frac{q}{C} + L \frac{dI}{dt} = 0 \quad \text{Lấy đạo hàm 2 vế phương trình này thu được:}$$

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \omega_0^2 I = 0 \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$

- Dao động điện tử trong mạch là dao động điều hòa:

$$I = I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi); q = Q_0 \sin(\omega_0 t + \varphi); I_0 = Q_0 \omega_0$$

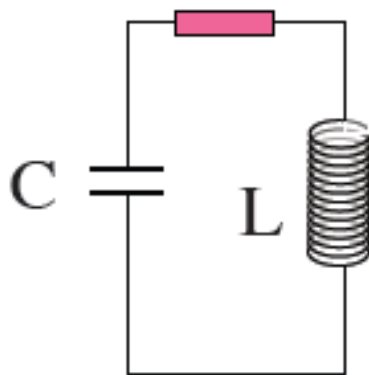




II. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

2. Dao động điện tử tắt dần:

Toả nhiệt tại R



Biên độ dòng (điện tích) giảm dần \rightarrow tắt hẳn

• f/t Dao động điện tử tắt dần

Toả nhiệt tại R, mất năng lượng trong dt:

$$-dW = RI^2 dt$$

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

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

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

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

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

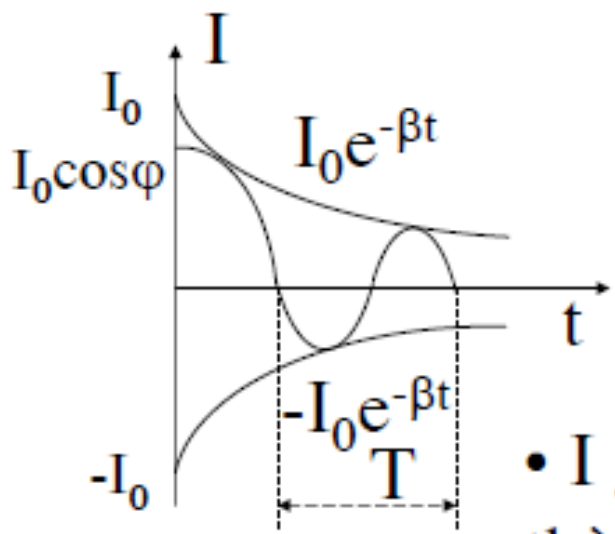


II. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

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

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

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



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

• I giảm dần theo hàm mũ với thời gian

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

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

$$R_0 = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

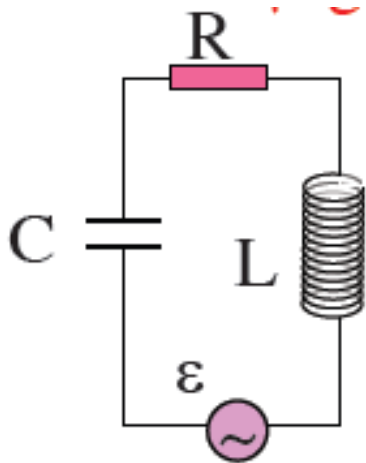
• Điện trở tới hạn



II. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC

3. Dao động điện tử cưỡng bức:

- Dưới tác dụng của nguồn xoay chiều: $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos(\Omega t)$



Trong thời gian dt mất $RI^2 dt$,
cung cấp thêm $\varepsilon I dt$

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

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

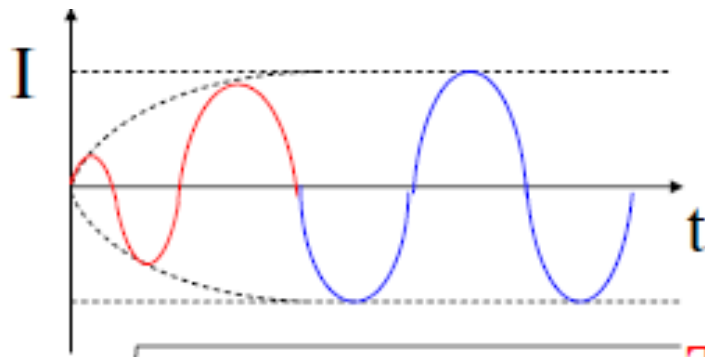
$$\frac{d^2 I}{dt^2} + 2\beta \frac{dI}{dt} + \omega_0^2 I = \frac{\varepsilon_0 \Omega}{L} \cos \Omega t$$

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

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



II. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HÒA, TẮT DẦN, CƯỜNG BỨC



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

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2} \quad \text{Tổng trở của mạch} \quad \text{tg}\Phi = \frac{\Omega L - \frac{1}{\Omega C}}{R}$$

$$Z_L = \Omega L \quad \text{Cảm kháng} \quad Z_C = \frac{1}{\Omega C} \quad \text{Dung kháng}$$

Cộng hưởng I_0 đạt cực đại

$$\Omega L = \frac{1}{\Omega C} \rightarrow \Omega_{\text{ch}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0 \quad I_{0\text{max}} = \frac{\varepsilon_0}{R}$$

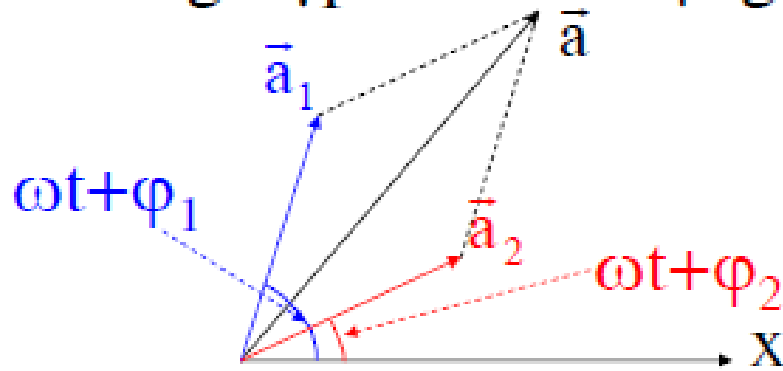
- Tần số cường bức bằng tần số riêng của mạch \rightarrow Cộng hưởng



III . TỔNG HỢP – PHÂN TÍCH CÁC DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Tổng hợp dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số:

” Tổng hợp hai dao động cùng phương x:



~ Cùng tần số ω :

$$x_1 = a_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = a_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

$$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$a = [a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)]^{1/2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2}$$



III . TỔNG HỢP – PHÂN TÍCH CÁC DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

2. Tổng hợp dao động điều hòa cùng phương, khác tần số:

Tần số $\omega_1 \approx \omega_2$, $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$, $a_1 = a_2 = a_0$:

$$x_1 = a_0 \cos(\omega_1 t + \varphi) \quad x_2 = a_0 \cos(\omega_2 t + \varphi)$$

$$a^2 = 2a_0^2 + 2a_0^2 \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi - \varphi)]$$

$$a^2 = 2a_0^2(1 + \cos[(\omega_1 - \omega_2)t])$$

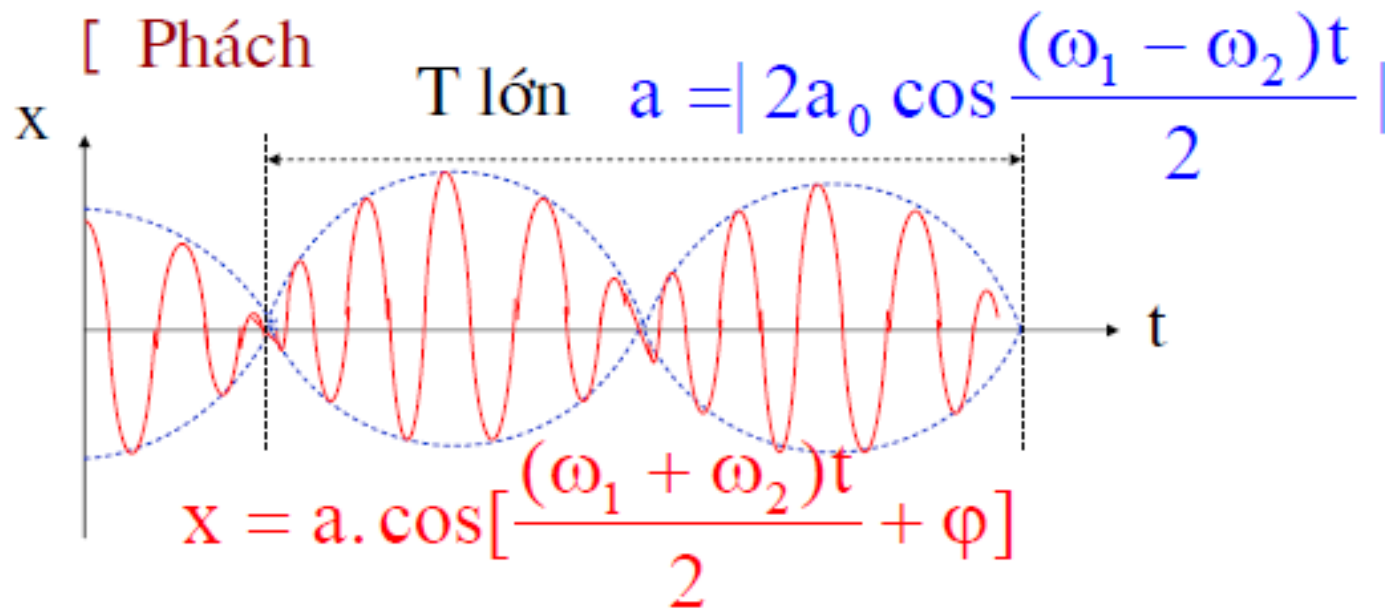
$$a^2 = 4a_0^2 \cos^2 \frac{(\omega_1 - \omega_2)t}{2} \quad \text{Chu kỳ biên độ lớn}$$

$$a = \left| 2a_0 \cos \frac{(\omega_1 - \omega_2)t}{2} \right| \quad T = \frac{4\pi}{\omega_1 - \omega_2}$$

$$x = a \cdot \cos \left[\frac{(\omega_1 + \omega_2)t}{2} + \varphi \right]$$



III . TỔNG HỢP – PHÂN TÍCH CÁC DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA



- Phách là hiện tượng tổng hợp hai dao động điều hoà thành dao động biến đổi **không điều hoà** có tần số rất thấp bằng hiệu tần số của 2 dao động thành phần



III . TỔNG HỢP – PHÂN TÍCH CÁC DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

3. Tổng hợp dao động điều hòa vuông góc, cùng tần số:

$$x = a_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$$

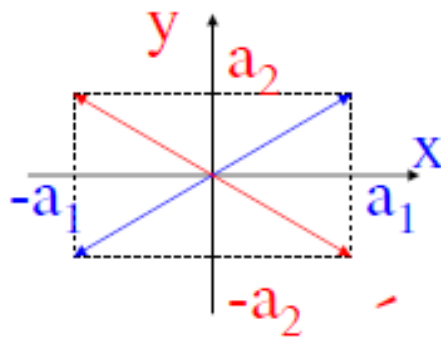
$$y = a_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} - 2 \frac{xy}{a_1 a_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Quỹ đạo Ellip

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi$$

$$\frac{x}{a_1} - \frac{y}{a_2} = 0$$



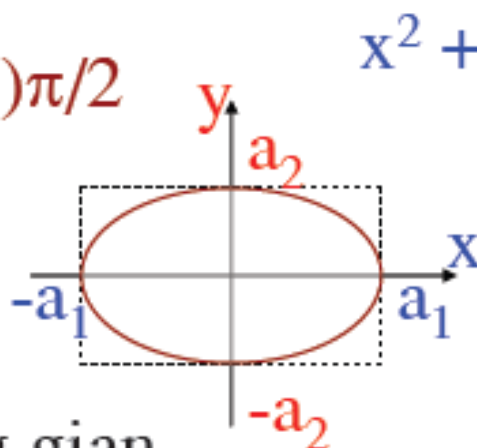
$$\varphi_2 - \varphi_1 = (2k+1)\pi$$



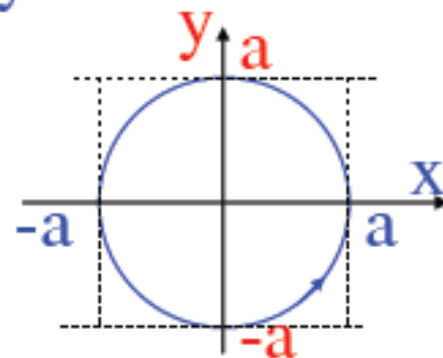
III . TỔNG HỢP – PHÂN TÍCH CÁC DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

$$\hat{\varphi}_2 - \varphi_1 = (2k+1)\pi/2$$

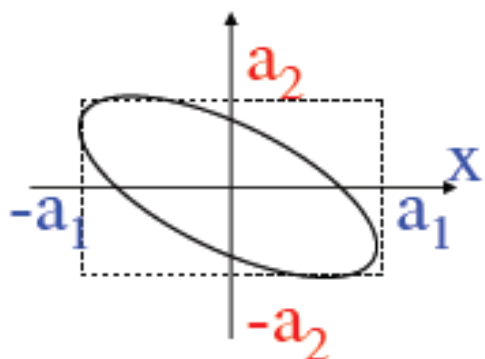
$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} = 1$$



$$x^2 + y^2 = a^2$$



Trường hợp trung gian



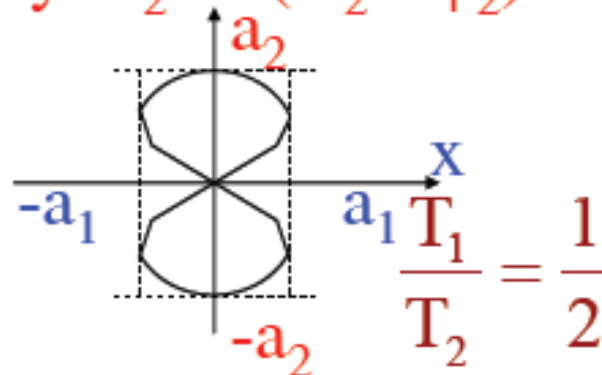
~ Khác tần số ω :

$$x = a_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$y = a_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$

Quỹ đạo tùy thuộc vào

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} \text{ hay } \frac{T_1}{T_2}$$



$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$$



ÔN TẬP

+ Phần lý thuyết gồm các nội dung:

Các vấn đề về Dao động cơ điều hòa, tắt dần, cưỡng bức; Dao động điện từ điều hòa, tắt dần, cưỡng bức. Phương pháp Tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương và có phương vuông góc.

+ **Phần bài tập:** Các bài tập tối thiểu yêu cầu sinh viên ôn tập (Sách BTVLĐC tập 2):

**8.1-8.4, 8.7, 8.8, 8.12, 8.13, 8.14, 8.15, 8.17, 8.18,
8.19, 8.21, 8.23, 8.24, 8.26, 8.27**