

TỔNG HỢP KIẾN THỨC CHƯƠNG DAO ĐỘNG CƠ
CHUYÊN ĐỀ: DAO ĐỘNG CƠ
MÔN VẬT LÝ: LỚP 12

BIÊN SOẠN: BAN CHUYÊN MÔN TUYENSINH247.COM



1. DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Định nghĩa:

- Dao động cơ: Là chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng (VTCB).
- Dao động tuần hoàn: Là dao động mà trạng thái của vật được lặp đi lặp lại sau những khoảng thời gian bằng nhau bất kì.
- Dao động điều hòa: Là dao động trong đó li độ của vật là một hàm cosin (hay sin) của thời gian.

2. Phương trình dao động điều hòa:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Trong đó: x là li độ

- ✓ A là biên độ dao động
- ✓ φ là pha ban đầu (rad) ($-\pi \leq \varphi \leq \pi$)
- ✓ $\omega t + \varphi$ là pha dao động tại thời điểm t (rad)
- ✓ ω là tần số góc (rad/s).

3. Chu kỳ, tần số, tần số góc:

Chu kỳ (s): $T = \frac{2\pi}{\omega}$

Tần số (Hz): $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

Tần số góc: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

4. Vận tốc và gia tốc trong DDDH:

$$v = \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$

- Vận tốc = 0 khi li độ $x = \pm A$.

- Vận tốc có độ lớn cực đại $v_{\max} = \omega A \Leftrightarrow x = 0$
- Gia tốc có giá trị cực đại $a_{\max} = \omega^2 A \Leftrightarrow x = -A$
- Gia tốc có giá trị cực tiểu $a_{\min} = -\omega^2 A \Leftrightarrow x = A$
- Gia tốc có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí biên.
- Gia tốc = 0 khi vật ở VTCB.
- Vector gia tốc luôn hướng về VTCB.

5. Công thức độc lập với thời gian:

$$x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = A^2 \Rightarrow v = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$\frac{v^2}{\omega^2} + \frac{a^2}{\omega^4} = A^2$$

$$a = -\omega^2 x$$

6. Đồ thị dao động điều hòa:

- Đồ thị x-t, v-t, a-t là đường hình sin.
- Đồ thị v-x, a-v là đường elip.

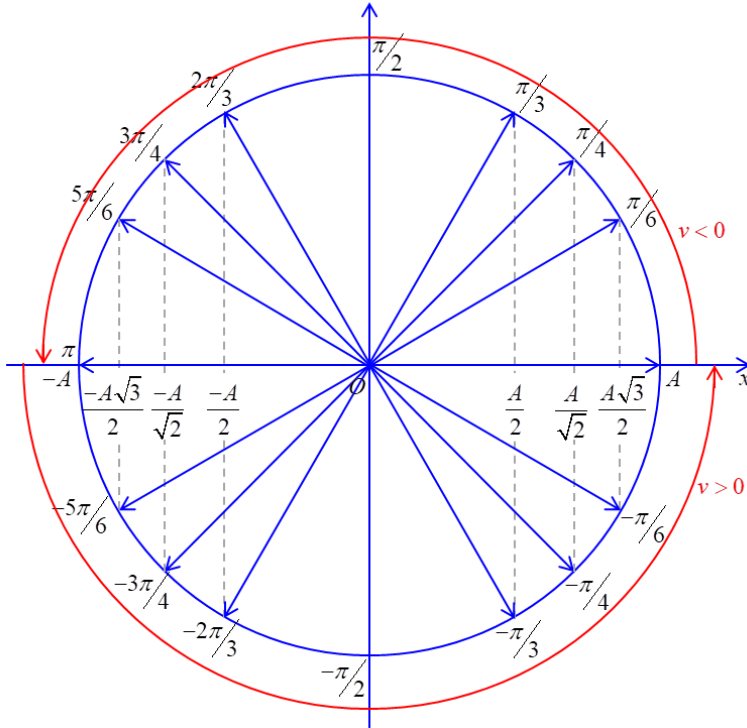
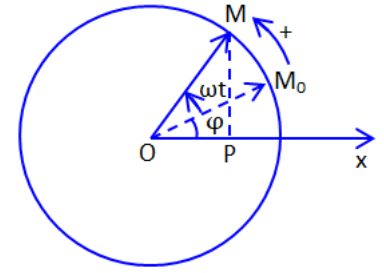
Đồ thị a-x là đoạn thẳng đi qua gốc tọa độ.

7. Công thức Toán cần nhớ:

Công thức lượng giác	Bảng đạo hàm
$\cos(-\alpha) = \cos \alpha$	$(u^\alpha)' = \alpha \cdot (u)' \cdot u^{\alpha-1}$
$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$	$(\sin x)' = \cos x$
$\sin(\pi - \alpha) = \sin \alpha$	$(\cos x)' = -\sin x$
$\cos(\alpha \pm \pi) = -\cos \alpha$	$(\sin u)' = (u)' \cdot \cos u$
$\cos \alpha = \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right)$	$(\cos u)' = -(u)' \cdot \sin u$
$\sin \alpha = \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$	

8. Biểu diễn dao động điều hòa bằng vector quay:

- Li độ của dao động điều hòa có thể được biểu diễn bằng hình chiếu của một vector quay tròn đều lên trục của dao động.
- Biểu diễn các góc tương ứng với li độ trên vòng tròn lượng giác (VTLG):





2. CÁC DẠNG BÀI TẬP VỀ DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Bài toán xác định thời gian (thời điểm) vật đi qua vị trí có li độ x_0 lần thứ n

❖ Trường hợp 1: Nếu không tính đến chiều chuyển động

✓ Với n lẻ: $t_n = t_1 + \frac{n-1}{2}T$

(trong đó t_1 là thời gian vật đi từ vị trí ban đầu đến vị trí có li độ x_0 lần thứ nhất)

✓ Với n chẵn: $t_n = t_2 + \frac{n-2}{2}T$

(trong đó t_2 là thời gian vật đi từ vị trí ban đầu đến vị trí có li độ x_0 lần thứ hai)

❖ Trường hợp 2: Nếu có tính đến chiều chuyển động

✓ Trong 1 chu kỳ, vật chỉ đi qua vị trí có li độ x_0 theo một chiều nào đó (âm hoặc dương) đúng 1 lần.

✓ Thời gian vật đi qua vị trí x_0 theo một chiều được xác định bởi: $t_n = t_1 + (n-1)T$

(trong đó t_1 là thời gian vật đi từ vị trí ban đầu đến vị trí x_0 theo chiều xác định lần đầu tiên).

2. Bài toán quãng đường vật đi được từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2

❖ Cách 1: Dùng vòng tròn lượng giác:

✓ Bước 1: Tính chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

✓ Xét tỉ số: $\frac{t_2 - t_1}{T} = m, n \Rightarrow t_2 - t_1 = mT + \Delta t$

✓ Quãng đường đi được là $S = m.4A + S'$ với S' xác định dựa trên VTLG.

Chú ý:

✓ Quãng đường vật đi được trong 1 chu kỳ là $4A$.

✓ Quãng đường vật đi được trong nửa chu kỳ là $2A$.

✓ Quãng đường vật đi được trong $\frac{1}{4}$ chu kỳ là A (nếu vật xuất phát từ vị trí biên hoặc VTCB).

❖ Cách 2: Dùng tích phân xác định:

Gọi S là quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 .

$$S = \int_{t_1}^{t_2} |v| dt = \int_{t_1}^{t_2} |-\omega A \sin(\omega t + \varphi)| dt$$

✓ Bước 1: Tính chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega}$

✓ Bước 2: Xét tỉ số: $\frac{t_2 - t_1}{T} = m, n \Rightarrow t_2 - t_1 = m\frac{T}{2} + \Delta t'$ với $\Delta t' < \frac{T}{2}$.

✓ Bước 3: Quãng đường đi được: $S = m.2A + \int_{t_1 + \frac{T}{2}}^{t_2} |-\omega A \sin(\omega t + \varphi)| dt$

3. Bài toán quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\Delta t < \frac{T}{2}$

Góc quét: $\Delta\varphi = \omega\Delta t < \pi$ (rad)

$S_{\max} = 2A \sin \frac{\Delta\varphi}{2}$: Vật chuyển động đối xứng nhau qua vị trí cân bằng

$S_{\min} = 2A \left(1 - \cos \frac{\Delta\varphi}{2}\right)$: Vật chuyển động đối xứng nhau qua vị trí biên

Bảng tính nhanh các giá trị cực đại, cực tiểu của quãng đường:

Δt	$\frac{T}{6}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{3}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{2T}{3}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{5T}{6}$	T
S_{\max}	A	$A\sqrt{2}$	$A\sqrt{3}$	$2A$	$2A+A$	$2A+A\sqrt{2}$	$2A+A\sqrt{3}$	$4A$
S_{\min}	$2A-A\sqrt{3}$	$2A-A\sqrt{2}$	A	$2A$	$4A-A\sqrt{3}$	$4A-A\sqrt{2}$	$3A$	$4A$

4. Vận tốc, tốc độ trung bình:

✓ Vận tốc trung bình: $v_{tb} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t}$

✓ Tốc độ trung bình: $\bar{v} = \frac{S}{\Delta t}$

5. Tốc độ trung bình lớn nhất, nhỏ nhất:

✓ Trường hợp 1: $\Delta t < \frac{T}{2}$:

$$v_{TB(\max)} = \frac{S_{\max}}{\Delta t} = \frac{2A \sin \frac{\Delta\varphi}{2}}{t}$$

$$v_{TB(\min)} = \frac{S_{\min}}{\Delta t} = \frac{2A \left(1 - \cos \frac{\Delta\varphi}{2}\right)}{t}$$

✓ Trường hợp 2: $\Delta t > \frac{T}{2}$:

$$v_{TB(\max)} = \frac{S_{\max}}{\Delta t} = \frac{m.2A + 2A \sin \frac{\Delta\varphi}{2}}{\Delta t}$$

$$v_{TB(\min)} = \frac{S_{\min}}{\Delta t} = \frac{m.2A + 2A \left(1 - \cos \frac{\Delta\varphi}{2}\right)}{\Delta t}$$

Với $\Delta t = m \cdot \frac{T}{2} + \Delta t'$ và $\Delta\varphi = \omega\Delta t'$



3. CON LẮC Lò XO

1. Các đại lượng đặc trưng của con lắc lò xo:

• Phương trình dao động: $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

• Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

• Chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

• Tần số: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

• Lực kéo về: $F_{kv} = ma = -m\omega^2 x = -kx$

• Lực đàn hồi: $F_{dh} = -k\Delta l$

(Chú ý: Con lắc lò xo nằm ngang: $F_{kv} = F_{dh}$)

• Mở rộng:
$$\begin{cases} m_1 \Rightarrow T_1 \\ m_2 \Rightarrow T_2 \\ m = m_1 + m_2 \Rightarrow T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \end{cases}$$

2. Năng lượng của con lắc lò xo:

• Động năng: $W_d = \frac{1}{2}mv^2$

• Thế năng: $W_t = \frac{1}{2}kx^2$

• Cơ năng: $W = W_t + W_d = \frac{1}{2}kA^2 = hs$

\Rightarrow Động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn

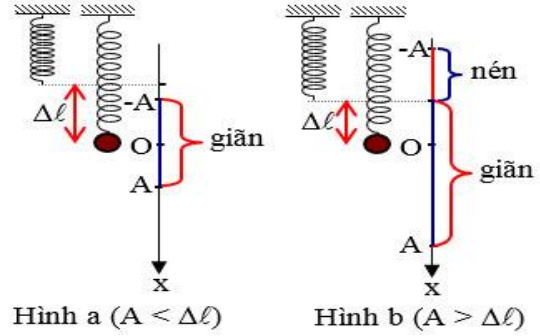
với $\omega' = 2\omega; T' = \frac{T}{2}; f' = 2f$

Nếu: $W_d = nW_t \Leftrightarrow x = \pm \frac{A}{\sqrt{n+1}}$

3. Con lắc lò xo thẳng đứng:

• Ở VTCTB, lò xo giãn: $\Delta l_0 = \frac{mg}{k}$

• Chiều dài lò xo:
$$\begin{cases} l_{\max} = l_{cb} + A = l_0 + \Delta l + A \\ l_{\min} = l_{cb} - A = l_0 + \Delta l - A \end{cases}$$



• TH1: $A \leq \Delta l$: lò xo luôn giãn.

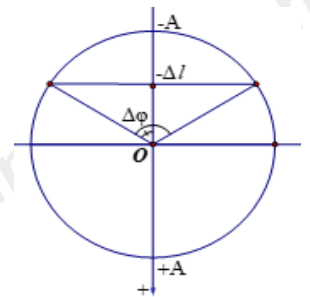
• TH2: $A > \Delta l$:
$$\begin{cases} t_{\text{nén}} = \frac{2\Delta\varphi}{\omega} \\ t_{\text{dãn}} = T - t_{\text{nén}} \end{cases}$$

Một số trường hợp đặc biệt:

✓ $\Delta l = \frac{A}{2} \Rightarrow \begin{cases} t_{\text{nén}} = \frac{T}{3} \\ t_{\text{dãn}} = \frac{2T}{3} \end{cases}$

✓ $\Delta l = \frac{A\sqrt{2}}{2} \Rightarrow t_{\text{nén}} = \frac{T}{4}; t_{\text{dãn}} = \frac{3T}{4}$

✓ $\Delta l = \frac{A\sqrt{3}}{2} \Rightarrow t_{\text{nén}} = \frac{T}{6}; t_{\text{dãn}} = \frac{5T}{6}$



4. Kích thích con lắc lò xo bằng va chạm:

Hệ con lắc khối lượng M, lò xo độ cứng k. Cho vật khối lượng m, vận tốc v_0 đến va chạm mềm, kích thích con lắc dao động. ĐLBT động lượng:

$mv_0 = (M + m)v \Rightarrow v = \frac{mv_0}{M + m}$

Tần số góc của hệ sau va chạm: $\omega = \sqrt{\frac{k}{M + m}}$

5. Cắt ghép lò xo:

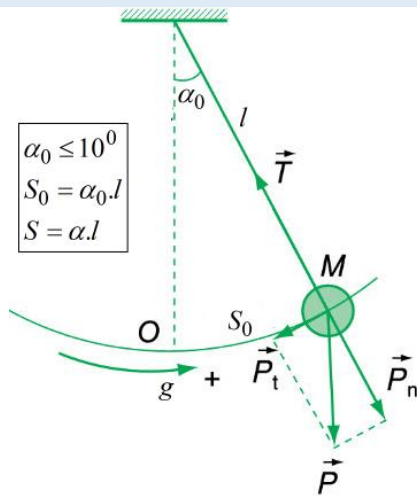
✓ Cắt: $k_0 l_0 = k_1 l_1 = k_2 l_2$

✓ Ghép:
$$\begin{cases} k_{//} = k_1 + k_2; f_{//} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}; T_{//} = \frac{T_1 T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}} \\ \frac{1}{k_{nt}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}; T_{nt} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}; f_{nt} = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}} \end{cases}$$



4. CON LẮC ĐƠN

1. Các đại lượng đặc trưng:



• PT li độ dài: $s = s_0 \cos(\omega t + \varphi)$

• PT li độ góc: $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$

Với: $\begin{cases} s = \alpha.l \\ s_0 = \alpha_0.l \end{cases}$

Chú ý: $1^0 = \frac{\pi}{180} \text{ (rad)}$

• Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$

• Chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

• Tần số: $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$

• Công thức độc lập với thời gian:

$$s^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = s_0^2$$

Với: $\begin{cases} \omega^2 = \frac{g}{l} \\ s = \alpha.l; S_0 = \alpha_0.l \end{cases} \Rightarrow \alpha^2 + \frac{v^2}{g.l} = \alpha_0^2$

Mở rộng: $\begin{cases} l = l_1 \pm l_2 \Rightarrow T = \sqrt{T_1^2 \pm T_2^2} \\ l = al_1 + bl_2 \Rightarrow T = \sqrt{aT_1^2 + bT_2^2} \end{cases}$

2. Năng lượng của con lắc đơn:

• Động năng: $W_d = \frac{1}{2}mv^2$

• Thế năng: $W_t = mgl(1 - \cos \alpha)$

• Cơ năng: $W = W_t + W_d = mgl(1 - \cos \alpha_0)$

Với $\alpha \leq 10^0 \Rightarrow W = \frac{1}{2}mgl\alpha_0^2$

3. Tốc độ, lực căng dây của con lắc đơn:

• Tốc độ: $v = \sqrt{2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)}$

• Lực căng dây: $T = mg(3\cos \alpha - 2\cos \alpha_0)$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{\max} = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_0)} \\ T_{\max} = mg(3 - 2\cos \alpha_0) \\ T_{\min} = mg \cos \alpha_0 \end{cases}$$

Nếu $\alpha \leq 10^0 \Rightarrow \begin{cases} v = \sqrt{gl(\alpha_0^2 - \alpha^2)} \\ T_c = mg \left(1 - \frac{3\alpha^2}{2} + \alpha_0^2\right) \end{cases}$

4. Công thức Toán cần nhớ:

• Công thức hạ bậc:

$$\begin{cases} \cos^2 \alpha = \frac{1 + 2\cos \alpha}{2} \\ \sin^2 \alpha = \frac{1 - 2\cos \alpha}{2} \end{cases}$$

• Công thức đối với góc nhỏ:

$$(\alpha \leq 10^0) \Rightarrow \begin{cases} \sin \alpha \approx \alpha \\ \cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2} \end{cases}$$

5. Biến thiên chu kì của con lắc đơn:

a. Nhiệt độ, độ cao, độ sâu thay đổi:

❖ Nhiệt độ thay đổi:

$$\frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{1}{2} \alpha \Delta t^0$$

(ΔT là thời gian đồng hồ chạy sai sau 1s)

✓ $\Delta t^0 > 0 \Rightarrow T_2 > T_1 \rightarrow$ đồng hồ chạy *chậm* hơn.

✓ $\Delta t^0 \leq 0 \Rightarrow T_2 < T_1 \rightarrow$ đồng hồ chạy *nhanh* hơn.

❖ Độ cao thay đổi:

$$\frac{T_h - T_0}{T_0} = \frac{\Delta T}{T_0} = \frac{h}{R}$$

❖ Độ sâu thay đổi:

$$\frac{T_d - T_0}{T_0} = \frac{\Delta T}{T_0} = \frac{d}{2R} \quad (d \ll R)$$

\Rightarrow Khi độ cao, độ sâu thay đổi, đồng hồ đều chạy *chậm* hơn.

❖ Đồng thời nhiệt độ và độ cao thay đổi:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{h}{R} + \frac{1}{2} \alpha \Delta t$$

Công thức tổng quát:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{1}{2} \alpha (t_2 - t_1) + \frac{h}{R} + \frac{1}{2} \cdot \frac{d}{R} - \frac{1}{2} \frac{\Delta g}{g_1}$$

b. Con lắc đơn chịu tác dụng của ngoại lực:

❖ Gia tốc trọng trường hiệu dụng:

$$\vec{g}_{HD} = \vec{g} + \vec{a}$$

Độ lớn của gia tốc trọng trường hiệu dụng:

$$g_{HD} = \sqrt{g^2 + a^2 + 2ag \cos \alpha}$$

✓ Nếu $\vec{g} \uparrow \uparrow \vec{a}$: $g_{HD} = g + a$

✓ Nếu $\vec{g} \uparrow \downarrow \vec{a}$: $g_{HD} = g - a$

✓ Nếu $\vec{g} \perp \vec{a} \Rightarrow g_{HD} = \sqrt{g^2 + a^2}$

❖ Con lắc đặt trong điện trường:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_d}{m} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

Lực điện: $\vec{F}_d = q\vec{E} \Rightarrow \begin{cases} q > 0: \vec{F}_d \uparrow \uparrow \vec{E} \\ q < 0: \vec{F}_d \uparrow \downarrow \vec{E} \end{cases}$

❖ Lực đẩy Ác-si-mét: $F_A = \rho g V$ (\vec{F}_A luôn hướng thẳng đứng lên)

❖ Lực quán tính: $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = -\frac{\vec{F}_{qt}}{m}$



5. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Phương pháp đại số:

❖ Biên độ dao động tổng hợp:

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

✓ Hai dao động cùng pha: $A = A_1 + A_2$

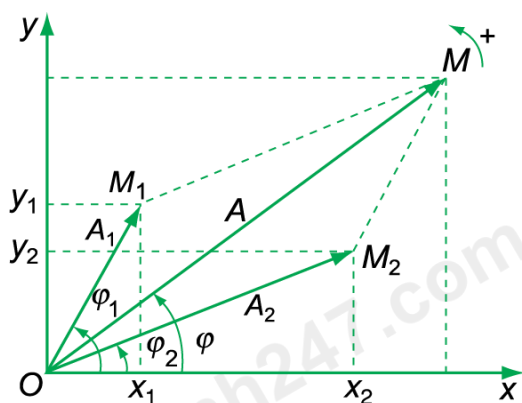
✓ Hai dao động ngược pha: $A = |A_1 - A_2|$

✓ Hai dao động vuông pha: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$

❖ Pha ban đầu của dao động tổng hợp:

$$\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

2. Phương pháp giản đồ vectơ:



3. Phương pháp số phức (sử dụng máy tính bỏ túi):

Cài đặt máy tính:

✓ Bấm $\boxed{MODE} + \boxed{2}$ (CMPLX)

✓ Bấm $\boxed{SHIFT} + \boxed{MODE} + \boxed{4}$ (R): chuyển máy tính về chế độ rad.

✓ Bấm phép tính:

$$A_1 \angle \varphi_1 + A_2 \angle \varphi_2 - \boxed{Shift} - \boxed{2} - \boxed{3} - \boxed{=}$$

✓ Máy tính hiển thị: $A \angle \varphi$

4. Khoảng cách giữa hai vật dao động điều hòa cùng tần số:

$$d = |x_1 - x_2|$$

✓ Bài toán chuyển thành tính dao động tổng hợp:

$$\Delta x = x_1 - x_2 = x_1 + (-x_2)$$

✓ Bấm máy tính:

$$A_1 \angle \varphi_1 - A_2 \angle \varphi_2 - \boxed{SHIFT} - \boxed{2} - \boxed{3} - \boxed{=}$$

Máy tính hiển thị kết quả: $A \angle \varphi$

✓ Khoảng cách lớn nhất giữa hai vật:

$$d_{\max} = A$$

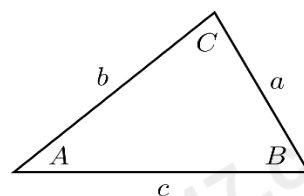
5. Độ lệch pha: $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

✓ Cùng pha: $\Delta \varphi = 2k\pi$ ($k \in \mathbb{Z}$)

✓ Ngược pha: $\Delta \varphi = (2k+1)\pi$ ($k \in \mathbb{Z}$)

✓ Vuông pha: $\Delta \varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2}$ ($k \in \mathbb{Z}$)

6. Công thức Toán cần nhớ:



✓ Định lí hàm cos:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

✓ Định lí hàm sin:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$



6. CÁC LOẠI DAO ĐỘNG

	Định nghĩa	Đặc điểm
Dao động tự do	Dao động tự do là dao động mà chu kì dao động của vật chỉ phụ thuộc vào các đặc tính riêng của hệ dao động mà không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài.	Mọi dao động tự do của một hệ dao động đều có cùng tần số góc ω_0 gọi là tần số góc riêng của hệ ấy.
Dao động tắt dần	Là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian (dẫn đến cơ năng cũng giảm dần theo thời gian).	+ Ma sát càng lớn, dao động tắt dần xảy ra càng nhanh. + Khi có ma sát nhỏ, dao động tắt dần có thể coi gần đúng là tuần hoàn, với tần số góc bằng tần số góc riêng ω_0 của hệ dao động điều hòa khi không có ma sát.
Dao động duy trì	Là dao động có biên độ không đổi theo thời gian.	Ngoại lực có tần số góc: $\omega = \omega_0$.
Dao động cưỡng bức	Là dao động luôn chịu tác dụng của một ngoại lực biến thiên với biểu thức $F = F_0 \cos(\Omega t)$ với Ω là tần số góc của ngoại lực.	+ Tần số bằng tần số của lực cưỡng bức. + Biên độ: tỉ lệ thuận với biên độ F_0 của ngoại lực, phụ thuộc vào ma sát và độ chênh lệch giữa tần số f của lực cưỡng bức và tần số riêng f_0 của hệ. Tần số f càng gần với tần số riêng f_0 thì biên độ dao động cưỡng bức càng tăng.
Cộng hưởng	Là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng nhanh đột ngột đến một giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức bằng tần số riêng f_0 của hệ: $f = f_0$.	+ Hiện tượng cộng hưởng thể hiện rõ nét nếu lực cản của môi trường nhỏ. + Điều kiện để xảy ra hiện tượng cộng hưởng : $\Omega = \omega_0$.

Bài toán dao động tắt dần với con lắc lò xo:

1. Sau mỗi chu kì, biên độ giảm $a\%$ so với ban đầu

Biên độ dao động sau n chu kì: $A_n = A(1 - na\%)$

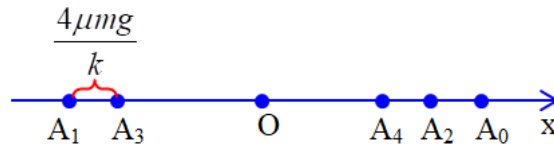
Năng lượng con lắc sau n chu kì: $W_n = W_0 \cdot (1 - na\%)^2$

2. Sau mỗi chu kì, biên độ giảm $a\%$ so với chu kì trước đó:

Biên độ dao động sau n chu kì: $A_n = A \cdot (1 - a\%)^n$

Năng lượng con lắc sau n chu kì: $W_n = W_0 \cdot (1 - a\%)^{2n}$

3. Con lắc lò xo dao động trên mặt phẳng ngang có lực ma sát:



- Độ giảm biên độ sau mỗi nửa chu kì: $\Delta A = \frac{2\mu mg}{k}$
- Độ giảm biên độ sau mỗi chu kì: $\Delta A = \frac{4\mu mg}{k}$
- Biên độ của con lắc sau n chu kì: $A_n = A - n \cdot \frac{4\mu mg}{k}$
- Số dao động con lắc thực hiện được đến khi dừng lại: $N = \frac{kA}{4\mu mg}$
- Quãng đường vật đi được cho đến khi dừng lại: $S = \frac{kA^2}{2\mu mg}$

Thanks for watching!