BÀI GIẢNG: TỔNG ÔN CHƯƠNG DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA
CHUYÊN ĐỀ: TỔNG ÔN VẬT LÍ 11
MÔN: VẬT LÍ 12
GIÁO VIÊN: PHẠM QUỐC TOẢN

I. DAO ĐỘNG CƠ

1 Dao động cơ

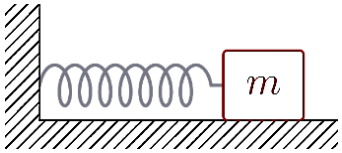
- Dao động cơ học nói chung là chuyển động có giới hạn trong không gian, lặp lại nhiều lần quanh một vị trí cân bằng xác định.



- Dao động tuần hoàn là dao động cơ mà sau những khoảng thời gian bằng nhau, vật trở lại vị trí cũ theo hướng cũ.



- Dao động tuần hoàn có thể có mức độ phức tạp khác nhau tùy theo vật hay hệ vật dao động. Dao động tuần hoàn đơn giản nhất là **dao động điều hòa**.



- Dao động tự do: Dao động của hệ xảy ra dưới tác dụng chỉ của nội lực (dao động riêng).

2 Dao động điều hòa

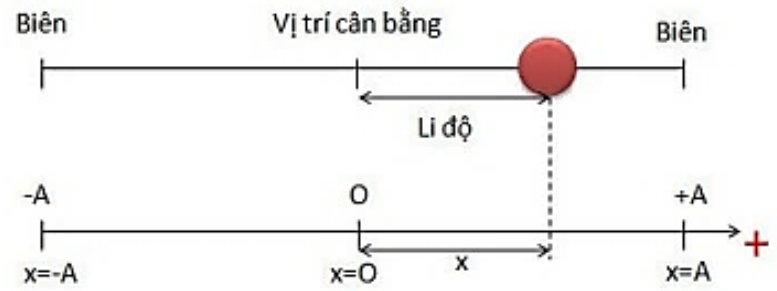
- Dao động điều hòa là dao động trong đó li độ của vật là một hàm cos (hay sin) theo thời gian.
- Phương trình $x = A.\cos(\omega t + \varphi)$ được gọi là phương trình dao động điều hòa.

Với: + x: Li độ (m hoặc cm)

+ A: Biên độ (m hoặc cm)

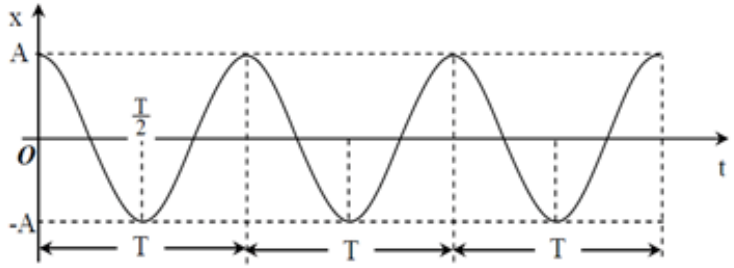
+ $(\omega t+\varphi)$: Pha dao động (rad).

+ φ: Pha ban đầu (rad)



3 Đồ thị dao động điều hòa

Đường biểu diễn li độ $x=A.\cos(\omega t+\varphi)$ với $\varphi=0$



II. MÔ TẢ DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

1 Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hoà

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

- Li độ x: là độ dịch chuyển từ vị trí cân bằng đến vị trí của vật tại thời điểm t.

- Biên độ A: là độ dịch chuyển cực đại của vật tính từ vị trí cân bằng.

- Chu kì: là khoảng thời gian để vật thực hiện một dao động, kí hiệu là T. Đơn vị của chu kì dao động là giây (s).

- Tần số: là số dao động mà vật thực hiện được trong một giây, kí hiệu là f:

Đơn vị của tần số là $\frac{1}{s}$, gọi là Héc (kí hiệu Hz)

- Tần số góc: $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f\ \ (\text{rad}/\text{s})$

*Trong dao động điều hòa của mối vật thì **A, T, f và ω** là những đại lượng không đổi, không phụ thuộc vào thời điểm quan sát. Với những vật khác nhau thì các đại lương này khác nhau. Vì thế chúng là những đại*

lượng đặc trưng cho dao động điều hòa.

2 Độ lệch pha giữa hai dao động cùng chu kì

✓ **Pha ban đầu φ (rad):** cho biết tại thời điểm bắt đầu quan sát vật dao động điều hòa ở đâu và sẽ đi về phía nào. Nó có giá trị nằm trong khoảng từ $-\pi$ đến $\pi\ (rad)$.

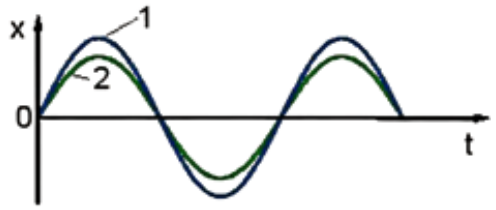
✓ **(ωt + φ):** Pha dao động (rad).

✓ **Độ lệch pha giữa hai dao động cùng chu kì:** luôn bằng độ lệch pha ban đầu.

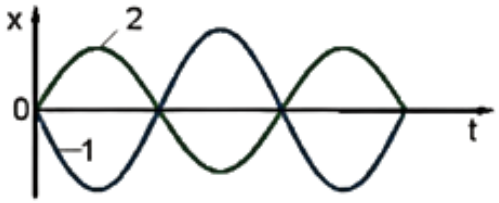
- Nếu $\varphi_1 > \varphi_2$ thì dao động 1 sớm pha hơn dao động 2.

- Nếu $\varphi_1 < \varphi_2$ thì dao động 1 trễ pha hơn dao động 2.

- Nếu $\varphi_1 = \varphi_2$ thì dao động 1 cùng (đồng) pha với dao động 2.

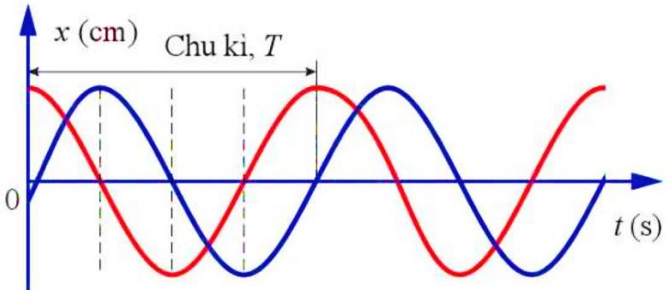


- Nếu $\varphi_1 = \varphi_2 \pm \pi$ thì dao động 1 ngược pha với dao động 2.



♦ **Lưu ý:** Cách tính độ lệch pha giữa hai dao động lệch nhau một khoảng thời gian Δt

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}.2\pi \text{ (rad)}$$



III. VẬN TỐC, GIA TỐC TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

1 Vận tốc của vật dao động điều hoà

Vận tốc tức thời của một vật được xác định bằng công thức: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

(với Δt rất nhỏ)

→ Vận tốc tức thời của một vật chính là đạo hàm của li độ x theo thời gian:

$$v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$$

→ Hệ thức độc lập thời gian: $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

Nhận xét:

- Vận tốc: có thể dương hoặc có thể âm (âm khi vật chuyển động ngược chiều dương trục Ox)

+ Giá trị vận tốc đạt cực đại $v_{max} = \omega A$ khi qua VTCB theo chiều dương.

+ Giá trị vận tốc đạt cực tiểu $v_{min} = -\omega A$ khi qua VTCB theo chiều âm.

- Tốc độ: là độ lớn của vận tốc (tốc độ bằng trị tuyệt đối của vận tốc) nên tốc độ luôn dương hoặc bằng 0

+ Tốc độ đạt cực tiểu $|v|_{min} = 0$ khi ngang qua vị trí biên

+ Tốc độ đạt cực đại $|v|_{max} = \omega A$ khi ngang qua VTCB

- Tại vị trí biên (± A): vận tốc bằng 0, vật đổi chiều chuyển động.

2 Gia tốc của dao động điều hoà

Gia tốc tức thời của một vật được xác định bằng công thức: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

(với Δt rất nhỏ)

→ Gia tốc tức thời của một vật là đạo hàm của vận tốc theo thời gian:

$$a = v' = x'' = -\omega^2 A.\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$$

Nhận xét:

- Giá trị gia tốc: có thể dương hoặc âm.

+ Giá trị gia tốc đạt cực tiểu $a_{min} = -\omega^2 A$ khi $x = A$.

+ Giá trị gia tốc đạt cực đại $a_{max} = \omega^2 A$ khi $x = -A$.

- Độ lớn gia tốc: bằng trị tuyệt đối của gia tốc nên luôn dương hoặc bằng 0

+ Độ lớn gia tốc đạt cực tiểu bằng 0 khi vật qua VTCB

+ Độ lớn gia tốc đạt cực đại bằng $\omega^2 A$ khi vật đến biên.

- Véc tơ gia tốc: luôn hướng về VTCB.

- Sự nhanh chậm của chuyển động:

+ Vật chuyển động chậm dần ($\vec{a}$ và $\vec{v}$ ngược chiều) ứng với quá trình từ VTCB ra biên.

+ Vật chuyển động nhanh dần ($\vec{a}$ và $\vec{v}$ cùng chiều) ứng với quá trình từ biên về VTCB.

NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

1 Động năng, thế năng, cơ năng

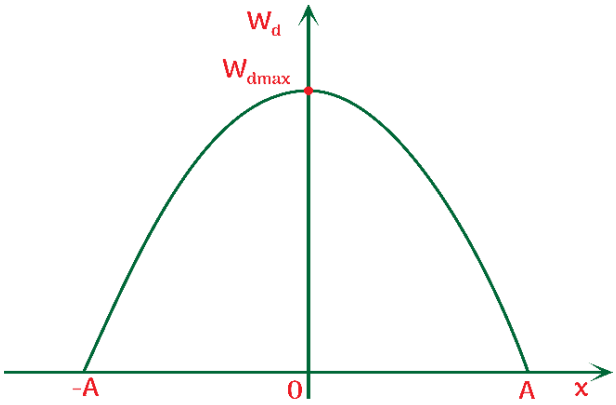
a. Động năng

- Biểu thức:

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t+\varphi)$$

$$= \frac{1}{2}m\omega^2A^2[1-\cos^2(\omega t+\varphi)] = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2-x^2)$$

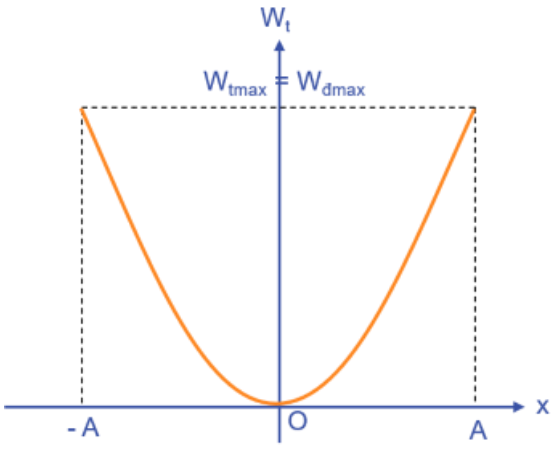
- Đồ thị:



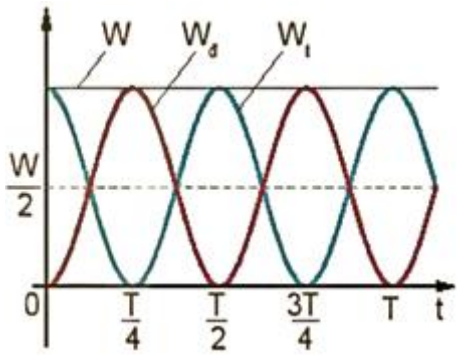
b. Thế năng:

- Biểu thức: $W_t = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$

- Đồ thị:



c. Cơ năng: $W = W_d + W_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$



Chú ý:

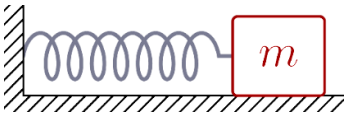
- Chu kì biến đổi của động năng và thế năng bằng nửa chu kì dao động của vật: $T_đ = T_t = \frac{T}{2}$; $f_đ = f_t = 2f$; $\omega_đ = \omega_t = 2\omega$.

- Khoảng thời gian giữa hai lần $W_đ = W_t$ liên tiếp: $\Delta t = \frac{T}{4}$

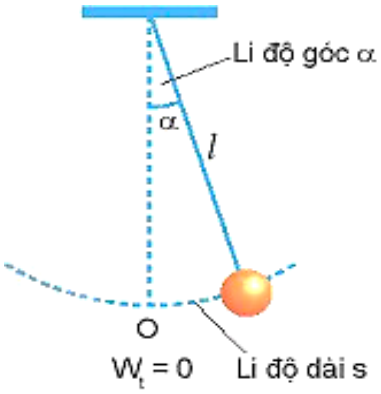
2 Năng lượng của con lò xo và con lắc lắc đơn

(Động năng, thế năng, cơ năng, tần số góc, chu kì)

a. Con lắc lò xo



b. Con lắc đơn



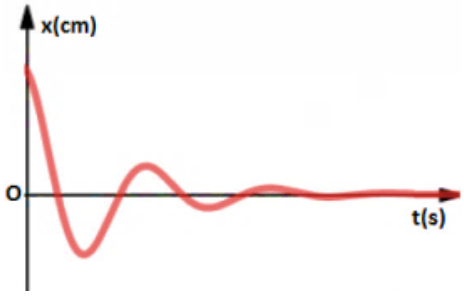
V. DAO ĐỘNG TẮT DẦN VÀ HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG

1 Dao động tắt dần

a. Định nghĩa:

Dao động có biên độ giảm dần theo thời gian gọi là dao động tắt dần.





b. Nguyên nhân làm tắt dần dao động:

- Là do lực ma sát và lực cản của môi trường làm tiêu hao cơ năng của con lắc, chuyển hóa dần dần cơ năng thành nhiệt năng. Vì thế biên độ của con lắc giảm dần và cuối cùng con lắc dừng lại.

- Ta có: $\Delta W = W' - W = A_{ma\ sát}$

Trong đó:

+ W: Cơ năng ;

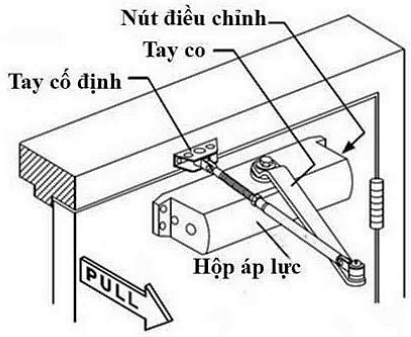
+ $A_{ma\ sát}$: Công của lực ma sát.

▲ **Lưu ý:** Lực cản môi trường phụ thuộc vào bản chất của môi trường và bản chất của vật dao động.

c. Ứng dụng:

Các thiết bị đóng cửa tự động hay giảm xóc ô tô, xe máy, ... là những ứng dụng của dao động tắt dần.





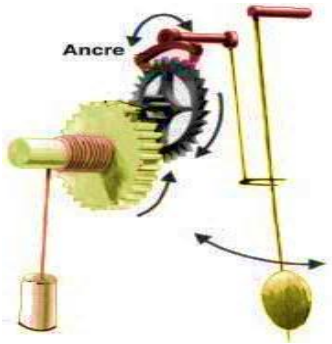


2 Dao động duy trì

- Nếu ta cung cấp thêm năng lượng cho vật dao động có ma sát để bù lại sự tiêu hao vì ma sát mà không làm thay đổi chu kì riêng của nó thì dao động kéo dài mãi và gọi là dao động duy trì.

- Năng lượng bù đắp trong dao động duy trì:

$$\boxed{A = -\Delta W = W_1 - W_2}$$

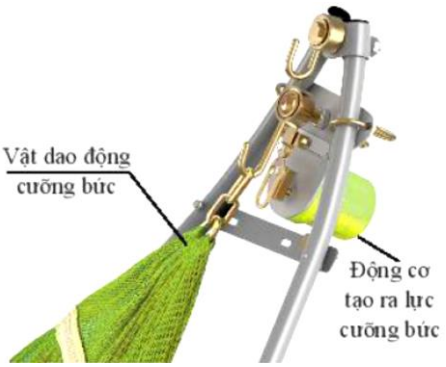


Cơ chế bổ sung năng lượng cho đồng hồ quả lắc

3 Dao động cưỡng bức

a. Định nghĩa:

Dao động chịu tác dụng của một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn gọi là dao động cưỡng bức.



b. Đặc điểm của dao động cưỡng bức:

➢ **Về tần số:** Dao động cưỡng bức có tần số **bằng tần số lực** cưỡng bức

➢ **Về biên độ:**

- Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi.
- Biên độ của dao động cưỡng bức phụ thuộc vào
  + ***biên độ của lực cưỡng bức***,
  + ***lực cản trong hệ:*** Biên độ của lực cưỡng bức càng lớn khi lực cản càng nhỏ.
  + ***sự chênh lệch giữa tần số cưỡng bức f và tần số riêng f_0 của hệ:*** sự chênh lệch càng ít thì biên độ của dao động cưỡng bức càng lớn.

4 Hiện tượng cộng hưởng

a. Định nghĩa:

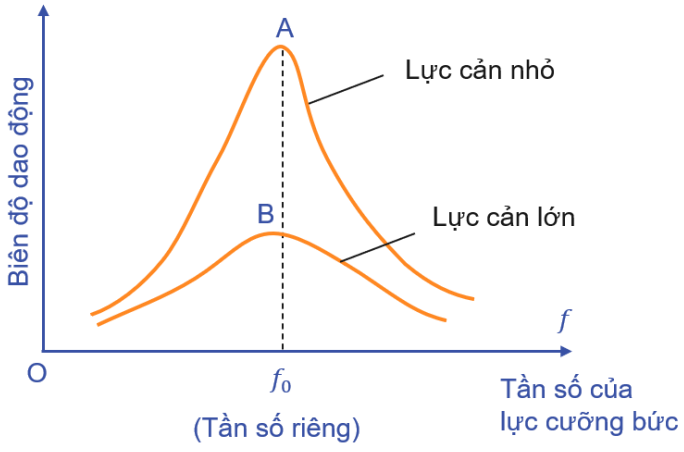
Hiện tượng biên độ của dao động cưỡng bức tăng dần lên đến giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức tiến đến bằng tần số riêng f_0 của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng.

b. Điều kiện để xảy ra cộng hưởng:

$$\omega = \omega_0 \text{ hoặc } f = f_0 \text{ hoặc } T = T_0 .$$

c. Đồ thị cộng hưởng:

Đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của biên độ vào tần số cưỡng bức gọi là đồ thị cộng hưởng. Nó càng nhọn khi lực cản của môi trường càng nhỏ.



d. Tầm quan trọng của hiện tượng cộng hưởng:

- ***Những hệ dao động như tòa nhà, cầu, bệ máy, khung xe,... đều có tần số riêng***. Phải cẩn thận không để cho các hệ ấy chịu tác dụng của các lực cưỡng bức mạnh, có tần số bằng tần số riêng để tránh sự cộng hưởng, gây dao động mạnh làm gãy, đổ.

- ***Hộp đàn*** của đàn ghi ta, viôlon, ... là những hộp cộng hưởng với nhiều tần số khác nhau của dây đàn làm cho tiếng đàn nghe to, rõ.

- ***Nguyên tắc hoạt động của lò vi sóng dựa trên cộng hưởng***. Ở các lò vi sóng này, sóng được sử dụng có tần số phù hợp với tần số dao động riêng của các phân tử nước trong thực phẩm. Các phân tử nước đóng vai trò là hệ cộng hưởng cùng dao động cưỡng bức, nên hấp thụ năng lượng của sóng được sử dụng và nóng lên.

- ***Máy đo địa chấn:*** Bên trong bình có một con lắc với các thanh gắn ở đầu. Kết quả của một cú sốc dưới lòng đất, con lắc bắt đầu chuyển động, tác động lên đầu bút ghi. Một băng giấy quay được sử dụng để ghi lại các dao động của tải. Đẩy càng mạnh thì lông càng lệch và lò xo dao động càng dài.

