

CHỦ ĐỀ

DAO ĐỘNG TẮT DẦN, DAO ĐỘNG DUY TRÌ DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC

9

I. DAO ĐỘNG TẮT DẦN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA LỰC MA SÁT

1. Con lắc lò xo nằm ngang

a. Khảo sát chuyển động của vật

Chọn gốc tọa độ O là tại vị trí mà lò xo không bị biến dạng

+ Phương trình định luật II Newton cho vật khi nó đang ở vị trí có li độ x và chuyển động theo chiều dương:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_{ms} + \vec{F}_{đh} = m\vec{a}$$

Theo trục Ox: $-kx - \mu mg = mx'' \Leftrightarrow \frac{m}{k}x'' + \left(x + \frac{\mu mg}{k}\right) = 0$, ta đặt

$$X = x + \frac{\mu mg}{k} \Rightarrow x'' = X''$$

Phương trình trên trở thành $X'' + \frac{k}{m}X = 0 \Rightarrow X = A \cos(\omega t + \varphi)$ hay $x = A \cos(\omega t + \varphi) - \frac{\mu mg}{k}$

Một cách tổng quát hơn, phương trình li độ của vật dao động tắt dần là: $x = A \cos(\omega t + \varphi) \pm \frac{\mu mg}{k}$

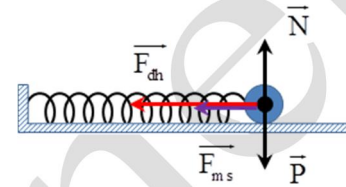
Trong đó:

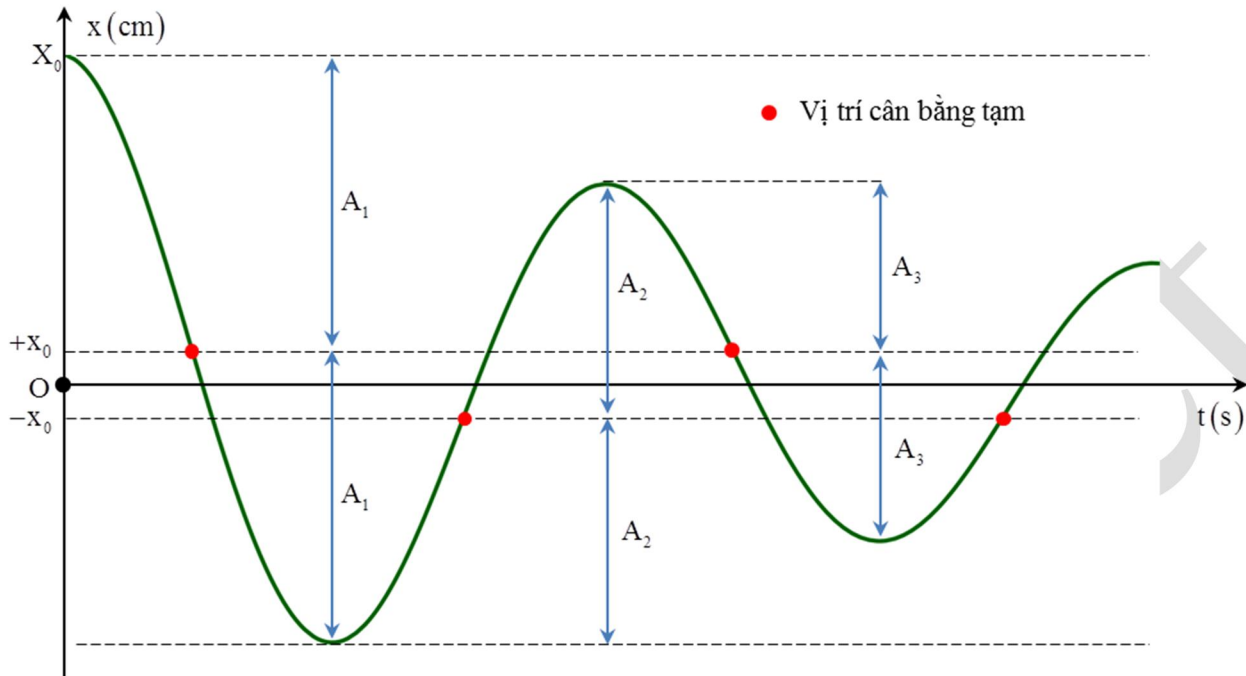
- $x_2 = A \cos(\omega t + \varphi) - \frac{\mu mg}{k}$ ứng với trường hợp vật chuyển động theo chiều dương
- $x_2 = A \cos(\omega t + \varphi) + \frac{\mu mg}{k}$ ứng với trường hợp vật chuyển động theo chiều âm

Từ phương trình trên ta có thể đi đến kết luận rằng:

- Khi vật chuyển động theo chiều dương của trục Ox thì vị trí cân bằng của vật sẽ lệch về phía tọa độ âm một đoạn $\frac{\mu mg}{k}$
- Khi vật chuyển động theo chiều âm của trục Ox thì vị trí cân bằng của vật sẽ lệch về phía tọa độ dương một đoạn $\frac{\mu mg}{k}$

+ Vật vẫn “dao động” với chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega}$





b. Tốc độ cực đại của con lắc trong quá trình vật dao động

+ Vật dao động tắt dần thì cơ năng của vật sẽ giảm dần theo thời gian, kết quả là vật sẽ có tốc độ lớn nhất khi nó đang di chuyển trong khoảng một phần tư chu kỳ thứ nhất:

Gọi x là vị trí của vật, áp dụng định luật bảo toàn cơ năng: $\frac{1}{2}kX_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + \mu mg(X_0 - x)$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{k}{m}(A_0^2 - x^2) - 2\mu g(A_0 - x)$$

Đạo hàm hai vế theo x : $2v \frac{dv}{dx} = -\frac{2k}{m}x + 2\mu g$

Tại vị trí tốc độ của vật đạt cực đại thì $\frac{dv}{dx} = 0 \Rightarrow x_0 = \frac{\mu mg}{k}$

Thay kết quả của x vào biểu thức của v ta thu được: $v_{\max} = \omega(X_0 - x_0)$

Vậy trong dao động tắt dần của con lắc lò xo dưới tác dụng của lực ma sát, vật sẽ đạt tốc độ cực đại đi qua vị trí cân bằng lần thứ nhất và tốc độ cực đại khi đó là $\omega(X_0 - x_0)$ trong đó X_0 là li độ do cách kích thích ban đầu

2. Con lắc đơn

a. Khảo sát chuyển động của vật

Trong quá trình dao động của con lắc, vật nặng chịu tác dụng của ba lực:

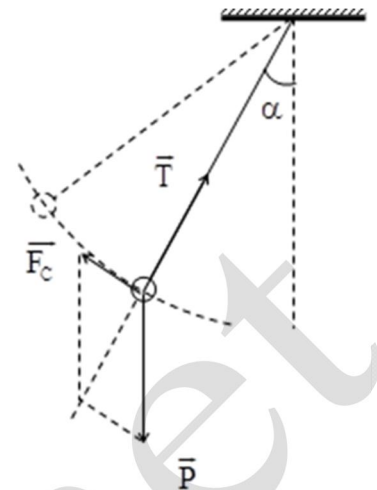
- + Lực căng dây \vec{T} hướng theo phương của sợi dây về điểm treo
- + Trọng lực \vec{P} luôn có phương thẳng đứng hướng xuống dưới
- + Lực cản của môi trường \vec{F}_c có phương tiếp tuyến với quỹ đạo, chiều ngược chiều chuyển động

Phương trình định luật II Newton cho vật trong quá trình chuyển động của con lắc: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_c = m\vec{a}$

Một cách tương tự như dao động tắt dần của con lắc lò xo, trong quá trình dao động của con lắc đơn, con lắc có hai vị trí cân bằng, hai vị trí này cách

góc tọa độ O một đoạn s sao cho: $\sin \alpha = \frac{F_c}{P}$

Trong trường hợp α nhỏ thì $\sin \alpha \approx \alpha$ do vậy $s = l\alpha = \frac{lF_c}{P}$



b. Tốc độ cực đại của con lắc trong quá trình dao động:

Vật đạt tốc độ cực đại khi đi qua vị trí cân bằng lần thứ nhất

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng ta có: $\frac{1}{2}mv_{\max}^2 + \frac{1}{2}mgl\alpha^2 = \frac{1}{2}mgl\alpha_0^2 - F_c l(\alpha_0 - \alpha)$

Với $\alpha = \frac{F_c}{P}$ thay vào biểu thức trên ta thu được: $v_{\max} = \sqrt{gl \left(\alpha_0 - \frac{F_c}{mg} \right)}$

II. DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC – CỘNG HƯỞNG:

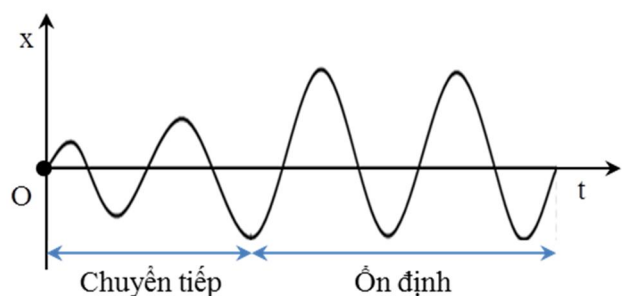
1. Định nghĩa:

Tác dụng một ngoại lực điều hòa $F = F_0 \cos \Omega t$ lên một vật đứng yên ở vị trí cân bằng

Người ta chứng minh rằng, chuyển động của vật dưới tác dụng của ngoại lực này được chia thành hai giai đoạn

+ Giai đoạn chuyển tiếp: trong giai đoạn này dao động của hệ chưa ổn định, biên độ tăng dần

+ Giai đoạn ổn định: giai đoạn này biên độ không đổi, giai đoạn này kéo dài cho đến khi ngoại lực điều hòa ngừng tác dụng



Dao động của vật trong giai đoạn ổn định gọi là dao động cưỡng bức. Lý thuyết và thực nghiệm chứng tỏ rằng:

+ Dao động cưỡng bức là dao động điều hòa

+ Tần số của dao động cưỡng bức bằng tần số Ω của ngoại lực

+ Biên độ của dao động cưỡng bức tỉ lệ thuận với biên độ F_0 của ngoại lực và phụ thuộc vào tần số Ω của ngoại lực

2. Cộng hưởng:

Khi biên độ dao động cưỡng bức A đạt cực đại, người ta nói rằng có hiện tượng cộng hưởng

Điều kiện để xảy ra hiện tượng cộng hưởng là tần số của ngoại lực bằng tần số dao động riêng của hệ $\Omega = \omega_0$

3. Ảnh hưởng của ma sát:

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của biên độ A của dao động cưỡng bức trong trường hợp hệ dao động và ngoại lực là giống nhau

(1) môi trường có ma sát nhớt nhỏ

(2) môi trường có ma sát nhớt lớn hơn

⇒ Ma sát giảm thì giá trị cực đại của biên độ tăng, hiện tượng cộng hưởng xảy ra rõ nét hơn

	Dao động cưỡng bức	Dao động duy trì
Khác nhau	Tần số của dao động cưỡng bức luôn bằng tần số của ngoại lực	Tần số của ngoại lực được điều khiển để có giá trị bằng với tần số dao động riêng của hệ
Giống nhau	Đều chịu tác dụng của ngoại lực tuần hoàn theo thời gian	