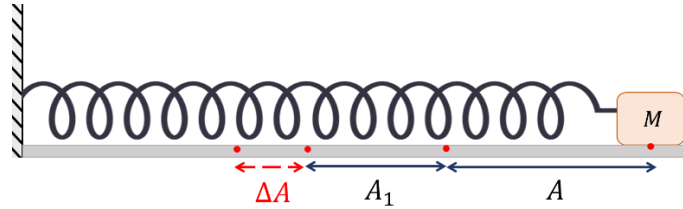


CHỦ ĐỀ 4. DAO ĐỘNG TẮT DẦN

Phần 1. Dao động tắt dần của con lắc lò xo nằm ngang

Trong quá trình dao động con lắc lò xo chịu tác dụng của lực cản dẫn đến sự mất mát năng lượng. Cơ năng của con lắc chuyển hoá thành công của lực ma sát.

1.1. Khảo sát gần đúng



Áp dụng định lý biến thiên cơ năng cho con lắc trong $\frac{1}{2}$ chu kỳ dao động:

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}kA_1^2 &= A_{F_{ms}} \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2}k(A - A_1)(A + A_1) &= \mu mg(A + A_1) \\ \Rightarrow \Delta A_{0,5T} = A - A_1 &= \frac{2\mu mg}{k}\end{aligned}$$

Như vậy cứ sau mỗi nửa chu kỳ biên độ giảm một lượng $\Delta A_{0,5T} = \frac{2\mu mg}{k}$

- Độ giảm biên độ sau mỗi chu kỳ: $\Delta A = \frac{4F_{ms}}{k} = \frac{4\mu mg}{k}$
- Biên độ dao động còn lại sau n chu kỳ: $A_n = A - n\Delta A$
- Tổng số dao động thực hiện được: $N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{kA}{4\mu mg} = \frac{\omega^2 A}{4\mu g}$, $t = N \cdot T$
- Tổng quãng đường và tổng thời gian từ lúc bắt đầu dao động cho đến khi dừng hẳn lần lượt là:

$$\frac{1}{2}kA^2 = F_{ms}S \Rightarrow S = \frac{kA^2}{2\mu mg} = \frac{\omega^2 A^2}{2\mu g}$$

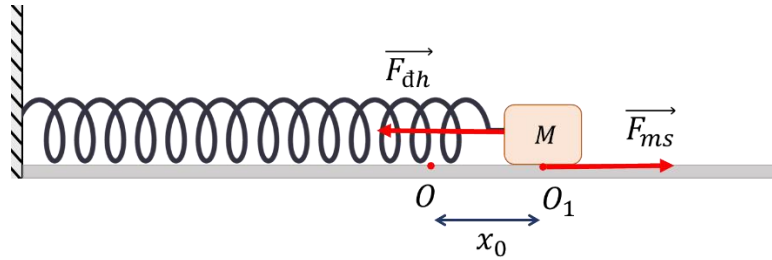
1.2. Khảo sát chi tiết dao động tắt dần

Con lắc lò xo chuyển động trên phương nằm ngang. Khi có lực ma sát tác động vào vật sẽ làm cho vị trí cân bằng của vật dịch chuyển.

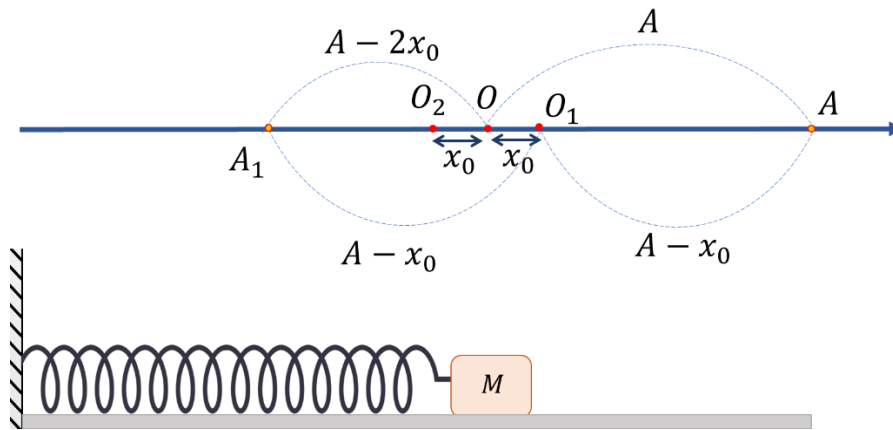
Kéo vật nặng đến vị trí lò xo dãn một đoạn A rồi buông nhẹ. Trong quá trình chuyển động, trên phương ngang vật nặng chịu tác dụng của lực đàn hồi và lực ma sát trượt. Khi đó vị trí cân bằng có sự thay đổi.

Ở phần lò xo dãn, tại vị trí cân bằng: $\vec{F}_{dh} + \vec{F}_{ms} = \vec{0}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{dh} \uparrow \downarrow \vec{F}_{ms} \\ \vec{F}_{dh} = \vec{F}_{ms} \end{cases} \Rightarrow kx_0 = F_{ms} \Leftrightarrow x_0 = \frac{F_{ms}}{k} = \frac{\mu mg}{k}. \text{ Như vậy vị trí cân bằng mới tại } O_1 \text{ cách } O \text{ một đoạn } x_0 = \frac{\mu mg}{k}.$$



Tương tự, trong quá trình lò xo nén vị trí cân bằng O_2 đối xứng với O_1 qua O .



Như vậy, cứ sau mỗi nửa chu kỳ (sau mỗi lần qua O) biên độ so với O giảm đi một lượng

$$\Delta A_{0,5T} = 2x_0 = \frac{2\mu mg}{k} \Rightarrow \begin{cases} A_1 = A - \Delta A_{0,5T} \\ A_2 = A - 2 \cdot \Delta A_{0,5T} \\ A_3 = A - 3 \cdot \Delta A_{0,5T} \\ \dots \\ A_n = A - n \cdot \Delta A_{0,5T} \end{cases}$$

Khi vật qua vị trí cân bằng O_1 thì gia tốc đổi chiều, tốc độ của vật tại O_1 là tốc độ cực đại.

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng trong quá trình dao động từ thời điểm ban đầu đến khi đạt tốc độ cực đại :

$$\frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} k x_0^2 + \frac{1}{2} m v_{\max}^2 + \mu mg (A - x_0) \text{ (với } x_0 = \frac{\mu mg}{k} \text{)}.$$

$$\text{Suy ra } k A^2 = k x_0^2 + m v_{\max}^2 + 2k (A - x_0) \Rightarrow k (A - x_0)^2 = m v_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max} = \omega (A - x_0).$$

Câu 1. Con lắc lò xo dao động tắt dần trên mặt phẳng ngang. Biết $k = 100 \text{ N/m}$, vật nặng có khối lượng $m = 100 \text{ g}$, hệ số ma sát $\mu = 0,01$, kéo vật lệch 4 cm rồi buông tay, lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\pi^2 = 10$. Thời gian từ lúc dao động cho tới khi dừng lại?

- A. 5,56 s. B. 2,00 s. C. 5,56 h. D. 20 s.

Câu 2. Một con lắc lò xo gồm vật nhỏ khối lượng $0,02 \text{ kg}$ và lò xo có độ cứng 1 N/m . Vật nhỏ được đặt trên giá đỡ cố định nằm ngang dọc theo trục lò xo. Hệ số ma sát trượt giữa giá đỡ và vật nhỏ là $0,1$. Ban đầu giữ vật ở vị trí lò xo bị nén 10 cm rồi buông nhẹ để con lắc dao động tắt dần. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tốc độ lớn nhất vật nhỏ đạt được trong quá trình dao động là

- A. $40\sqrt{3} \text{ cm/s}$. B. $20\sqrt{6} \text{ cm/s}$. C. $10\sqrt{30} \text{ cm/s}$. D. $40\sqrt{2} \text{ cm/s}$.

Câu 3. Một con lắc lò xo gồm vật nhỏ khối lượng $0,2 \text{ kg}$ và lò xo có độ cứng $k = 20 \text{ N/m}$. Vật nhỏ được đặt trên giá đỡ cố định nằm ngang dọc theo trục lò xo. Hệ số ma sát trượt giữa giá đỡ và vật nhỏ là $0,01$. Từ vị trí lò xo không bị biến dạng, truyền cho vật vận tốc ban đầu 1 m/s thì thấy con lắc dao động tắt dần trong giới hạn đàn hồi của lò xo. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Độ lớn lực đàn hồi cực đại của lò xo trong quá trình dao động bằng

- A. 1,98 N. B. 2 N. C. 1,5 N. D. 2,98 N.

Câu 4. Một con lắc lò xo gồm vật nhỏ khối lượng $0,02 \text{ kg}$ và lò xo có độ cứng 1 N/m . Vật nhỏ được đặt trên giá đỡ cố định nằm ngang dọc theo trục lò xo. Hệ số ma sát trượt giữa giá đỡ và vật nhỏ là $0,1$. Ban đầu giữ vật ở vị trí lò xo bị nén 10 cm rồi buông nhẹ để con lắc dao động tắt dần. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tính vận tốc cực đại mà vật đạt được trong quá trình dao động và quãng đường mà vật đi được từ khi bắt đầu dao động đến khi động năng bằng thế năng lần đầu tiên.

- A. $40\sqrt{2} \text{ cm/s}$; $3,43 \text{ cm}$. B. $40\sqrt{2} \text{ cm/s}$; $7,07 \text{ cm}$.
C. $40\sqrt{2} \text{ cm/s}$; 25 cm . D. $20\sqrt{2} \text{ cm/s}$; 25 cm .

Câu 5. Một con lắc lò xo đặt trên mặt phẳng ngang, gồm vật nhỏ khối lượng 40 g và lò xo có độ cứng 20 N/m . Vật chỉ có thể dao động theo phương Ox nằm ngang trùng với trục của lò xo. Khi vật ở O lò xo không biến dạng. Hệ số ma sát trượt giữa mặt phẳng ngang và vật nhỏ là $0,1$. Ban đầu giữ vật để lò xo bị nén 8 cm rồi buông nhẹ. Lấy $g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$. Li độ cực đại của vật sau lần thứ 3 vật đi qua O là

- A. 7,6 cm. B. 8 cm. C. 7,2 cm. D. 6,8 cm.

Phần 2. DAO ĐỘNG TẮT DẦN CỦA CON LẮC ĐƠN

- Độ giảm biên độ dài sau 1 chu kỳ: $\Delta A = \frac{4F}{k} = \frac{4F}{m\omega^2} = \frac{4F_C}{mg} \ell = \frac{4\ell F_C}{mg}$
 - Độ giảm biên độ góc: $\Delta \alpha = \frac{\Delta A}{\ell} = \frac{4F_C}{mg} = \frac{4F_C}{P}$
 - Quãng đường mà vật đi được đến khi dừng lại: $F_C \cdot S = \Delta W \Rightarrow S = \frac{\Delta W}{F_C}$
 - Số dao động mà vật thực hiện được cho đến khi dừng lại: $N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{\alpha_0}{\Delta \alpha}$
- Số lần qua VTCB: $n_{cb} = 2N$
- Thời gian dao động đến khi dừng lại: $t_{dd} = N.T = \frac{A}{\Delta A} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Câu 6. Một con lắc đơn dao động tắt dần, biên độ ban đầu con lắc là 1 rad. Trong quá trình dao động vật luôn chịu tác dụng một lực cản không đổi có độ lớn bằng 1/1000 trọng lực. Sau một chu kỳ dao động, biên độ của con lắc bằng

- A. 0,992 rad. B. 0,994 rad. C. 0,996 rad. D. 0,998 rad.

Câu 7. Cho một con lắc đơn dao động trong môi trường không khí. Kéo con lắc lệch khỏi phương thẳng đứng một góc 0,08 rad rồi thả nhẹ. Biết lực cản của không khí tác dụng lên con lắc là không đổi và bằng 10^{-3} lần trọng lượng của vật. Coi biên độ giảm đều trong từng chu kỳ. Biên độ góc của con lắc còn lại sau 10 dao động toàn phần là

- A. 0,02 rad. B. 0,08 rad. C. 0,04 rad. D. 0,06 rad.

Câu 8. Một con lắc đồng hồ được coi như 1 con lắc đơn có chu kỳ dao động $T = 2$ s, vật nặng có khối lượng $m = 1$ kg, dao động tại nơi có $g = \pi^2 = 10 \text{ m/s}^2$. Biên độ góc dao động lúc đầu là $\alpha_0 = 5^\circ$. Do chịu tác dụng của một lực cản không đổi $F_C = 0,011$ N nên nó dao động tắt dần. Người ta dùng một pin có suất điện động 3V điện trở trong không đáng kể để bổ sung năng lượng cho con lắc với hiệu suất của quá trình bổ sung là 25%. Pin có điện lượng ban đầu là $Q_0 = 10^4$ C. Hỏi đồng hồ chạy được thời gian t bao lâu thì lại phải thay pin?

- A. $t = 40$ ngày. B. $t = 46$ ngày. C. $t = 92$ ngày. D. $t = 23$ ngày.