

CHƯƠNG 4: DAO ĐỘNG TẮT DẦN. DAO ĐỘNG DUY TRÌ. DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC. CỘNG HƯỞNG.

BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN DAO ĐỘNG TẮT DẦN CỦA CON LẮC ĐƠN

Phương pháp giải

Ta chỉ xét dao động tắt dần chậm và khảo sát gần đúng (xem khi dừng lại vật ở vị trí cân bằng).

$$\left\{ \begin{array}{l} S = \frac{W}{F_C} \\ \Delta A = \frac{4F_C}{k} \\ N = \frac{A}{\Delta A} \\ \Delta t = NT \end{array} \right. \text{ . Với con lắc đơn ta thay } \left\{ \begin{array}{l} k = m\omega^2 = \frac{mg}{l} \\ A = l\alpha_{\max} \\ W = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{mgA^2}{2l} = \frac{mgl}{2} \alpha_{\max}^2 \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \end{array} \right.$$

Ví dụ 1: Một con lắc đơn có chiều dài 0,5 (m), quả cầu nhỏ có khối lượng 200 (g), dao động tại nơi có gia tốc trọng trường 9,8 m/s², với biên độ góc 0,12 (rad). Trong quá trình dao động, con lắc luôn chịu tác dụng của lực ma sát nhỏ có độ lớn không đổi 0,002 (N) thì nó sẽ dao động tắt dần. Tính tổng quãng đường quả cầu đi được từ lúc bắt đầu dao động cho đến khi dừng hẳn.

- A. 3,528 m. B. 3,828 m. C. 2,528 m. D. 2,828 m.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Từ định lý biến thiên động năng suy ra, cơ năng ban đầu bằng tổng công của lực ma sát.

$$W = F_{ms} \cdot S \Rightarrow S = \frac{W}{F_{ms}} = \frac{\frac{mgl}{2} \alpha_{\max}^2}{F_{ms}} = \frac{0,2 \cdot 9,8 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,002} \cdot 0,12^2 = 3,528 (m)$$

Ví dụ 2: Một con lắc đơn dao động điều hòa tại nơi có gia tốc trọng trường 9,8 m/s². Ban đầu, con lắc có li độ góc cực đại 0,1 (rad), trong quá trình dao động, con lắc luôn chịu tác dụng của lực ma sát có độ lớn 0,001 trọng lượng vật dao động thì nó sẽ dao động tắt dần. Hãy tìm số lần con lắc qua vị trí cân bằng kể từ lúc buông tay cho đến lúc dừng hẳn.

- A. 25 B. 50 C. 100 D. 15

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\left\{ \begin{array}{l} N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{A}{\frac{4F_C}{k}} = \frac{\frac{mgl}{l} l \alpha_{\max}}{4F_C} = \frac{mgl \alpha_{\max}}{4F_C} = \frac{1000 \cdot 0,1}{4} = 25 \\ \text{Số lần qua vị trí cân bằng là } 25 \cdot 2 = 50 \end{array} \right.$$

Ví dụ 3: Một con lắc đồng hồ được coi như một con lắc đơn có chu kì dao động 2 (s); vật nặng có khối lượng 1 (kg), tại nơi có gia tốc trọng trường 9,8 (m/s²). Biên độ góc dao động lúc đầu là 5°. Nếu có một lực cản không đổi 0,0213 (N) thì nó chỉ dao động được một thời gian bao nhiêu?

- A. 34,2 s. B. 38,9 s. C. 20 s. D. 25,6 s.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\left\{ \begin{aligned} N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{A}{\frac{4F_{ms}}{k}} = \frac{kA}{4F_{ms}} = \frac{m\omega^2 l \alpha_{\max}}{4F_{ms}} = \frac{1 \cdot 9,8 \cdot \frac{5\pi}{180}}{4 \cdot 0,0213} \approx 10 \\ \text{Thời gian dao động: } \Delta t = N \cdot T = 10 \cdot 2 = 20 (s) \end{aligned} \right.$$

Ví dụ 4: Một con lắc đơn gồm dây mảnh dài l có gắn vật nặng nhỏ khối lượng m. Kéo con lắc ra khỏi vị trí cân bằng một góc 0,1 (rad) rồi thả cho nó dao động tại nơi có gia tốc trọng trường g. Trong quá trình dao động con lắc chịu tác dụng của lực cản có độ lớn F_c không đổi và luôn ngược chiều chuyển động của con lắc. Tìm độ giảm biên độ góc Δα của con lắc sau mỗi chu kì dao động. Con lắc thực hiện số dao động N bằng bao nhiêu thì dừng? Cho biết F_c = mg · 10⁻³ (N).

- A. Δα = 0,004rad, N = 25 B. Δα = 0,001rad, N = 100
C. Δα = 0,002rad, N = 50 D. Δα = 0,004rad, N = 50

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Độ giảm biên độ sau mỗi chu kì:
$$\left\{ \begin{aligned} \Delta A = \frac{4F_{ms}}{k} = \frac{4F_{ms}}{m\omega^2} \\ \Delta \alpha = \frac{\Delta A}{l} = \frac{4F_{ms}}{lm\omega^2} = \frac{4F_{ms}}{mg} = 4 \cdot 10^{-3} (rad) \end{aligned} \right.$$

Tổng số dao động thực hiện được:
$$N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{\alpha_{\max}}{\Delta \alpha} = \frac{0,1}{4 \cdot 10^{-3}} = 25$$

Chú ý: Biên độ dao động còn lại sau n chu kì: $A_n = A - n\Delta A$

$\Leftrightarrow \alpha_n = \alpha_{\max} - n\Delta \alpha$

Ví dụ 5: Một con lắc đơn dao động tắt dần chậm, cứ sau mỗi chu kì biên độ giảm 100 lần so với biên độ lúc đầu. Ban đầu biên độ góc của con lắc là 6°. Đến dao động lần thứ 75 thì biên độ góc còn lại là

- A. 2° B. 3,6° C. 1,5° D. 3°

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

$$\begin{cases} \frac{\Delta\alpha}{\alpha_{\max}} = 0,01 \Rightarrow \Delta\alpha = 0,06^\circ \\ \alpha_n = \alpha_{\max} - n\Delta\alpha = 6^\circ - 75 \cdot 0,06^\circ = 1,5^\circ \end{cases}$$

Ví dụ 6: Một con lắc đơn dao động tắt dần chậm, cứ sau mỗi chu kì cơ năng giảm 300 lần so với cơ năng lúc đầu. Ban đầu biên độ góc của con lắc là 9° . Hỏi đến dao động lần thứ bao nhiêu thì biên độ góc chỉ còn 3° .

- A. 400 B. 600 C. 250 D. 200

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\frac{kA^2}{2} - \frac{kA'^2}{2}}{\frac{kA^2}{2}} = \frac{(A+A')(A-A')}{A^2} \approx \frac{2A\Delta A}{A^2} = \frac{2\Delta A}{A} = \frac{2\Delta\alpha}{\alpha_{\max}} = \frac{1}{300}$$

$$\Rightarrow \Delta\alpha = 0,015^\circ \Rightarrow \alpha_n = \alpha_{\max} - n\Delta\alpha \Rightarrow 3^\circ = 9^\circ - n \cdot 0,015^\circ \Rightarrow n = 400$$

Ví dụ 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 kì. 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.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Độ giảm cơ năng sau một chu kì bằng công của lực ma sát thực hiện trong chu kì đó:

$$\frac{mgl\alpha_{\max}^2}{2} - \frac{mgl\alpha_{\max}'^2}{2} = F_{ms} \cdot 4l \cdot \alpha_{\max}$$

$$\Leftrightarrow \frac{mg}{2} (\underbrace{\alpha_{\max} - \alpha_{\max}'}_{\Delta\alpha}) \cdot (\underbrace{\alpha_{\max} + \alpha_{\max}'}_{\approx 2\alpha_{\max}}) = F_{ms} \cdot 4\alpha_{\max} \Rightarrow \Delta\alpha = \frac{4F_{ms}}{mg} = 0,004$$

Biên độ còn lại sau 10 chu kì: $\alpha_{10} = \alpha_{\max} - 10\Delta\alpha = 0,04$ (rad).

Ví dụ 8: Một vật dao động tắt dần chậm. Cứ sau mỗi chu kì biên độ dao động giảm 3% so với biên độ của chu kì ngay trước đó. Hỏi sau n chu kì cơ năng còn lại bao nhiêu phần trăm so với lúc đầu?

- A. $(0,97)^n \cdot 100\%$ B. $(0,97)^{2n} \cdot 100\%$ C. $(0,97 \cdot n) \cdot 100\%$ D. $(0,97)^{2+n} \cdot 100\%$

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

Sau mỗi chu kì biên độ còn lại = 97% biên độ trước đó: