

CON LẮC ĐƠN

1. Tóm tắt lý thuyết

1.1. Cấu tạo con lắc đơn

Gồm một vật nhỏ khối lượng m , treo ở đầu dưới một sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể, chiều dài l , đầu trên sợi dây được treo vào điểm cố định.

1.2. Phương trình dao động điều hòa của con lắc đơn

- Các phương trình dao động điều hòa

Li độ cong: $s = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$ (cm, m)

Li độ góc: $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$ (độ, rad)

- Chú ý

Con lắc đơn dao động điều hòa khi góc lệch nhỏ và bỏ qua mọi ma sát.

$s = l \cdot \alpha$ và $S_0 = l \cdot \alpha_0$ với α và α_0 có đơn vị rad.

1.3. Chu kì, tần số và tần số góc của con lắc đơn

- Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$
- Chu kì của con lắc đơn: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
- Tần số của con lắc đơn: $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$

Nhận xét: Khi con lắc dao động điều hòa thì chu kì không phụ thuộc khối lượng vật nặng và cũng không phụ thuộc biên độ.

1.4. Năng lượng của con lắc đơn dao động điều hòa

a. Động năng của con lắc đơn: $W_d = \frac{1}{2}mv^2$

b. Thế năng của con lắc đơn: $W_t = mgl(1 - \cos \alpha)$

c. Cơ năng của con lắc đơn: $W = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos \alpha) = mgl(1 - \cos \alpha_0) = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$

Nếu bỏ qua ma sát thì cơ năng của con lắc được bảo toàn.

- **Chú ý:** Công thức đúng với mọi li độ góc $\alpha \leq 90^\circ$

2. Bài tập minh họa

2.1. Dạng 1: Viết phương trình dao động của vật

Một con lắc đơn có chiều dài $l = 16$ cm. Kéo con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng một góc 90° rồi thả nhẹ. Bỏ qua mọi ma sát, lấy $g = 10$ m/s², $\pi^2 = 10$. Chọn gốc thời gian lúc thả vật, chiều dương là chiều chuyển động ban đầu của vật. Viết phương trình dao động của vật theo li độ góc.

Hướng dẫn giải

$$\text{Ta có: } \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = 2,5 \text{ rad/s}$$

$$\cos\varphi = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{-\alpha_0}{\alpha_0} = -1 = \cos\pi \Rightarrow \varphi = \pi \text{ rad}$$

$$\text{Vậy: } \alpha = 0,157\cos(2,5\pi + \pi) \text{ rad}$$

2.2. Dạng 2: Xác định độ lớn vận tốc của con lắc

Một con lắc đơn dao động điều hoà theo phương trình li độ góc $\alpha = 0,1\cos(2\pi t + \pi/4)$ rad. Trong khoảng thời gian 5,25 s tính từ thời điểm con lắc bắt đầu dao động, có bao nhiêu lần con lắc có độ lớn vận tốc bằng 1/2 vận tốc cực đại của nó?

Hướng dẫn giải

$$\text{Trong một chu kỳ dao động có 4 lần } v = \frac{v_{\max}}{2} \text{ tại vị trí } W_d = \frac{W}{4} \Rightarrow W_t = \frac{3}{4}W_{t_{\max}}$$

Tức là lúc li độ

$$\alpha = \pm \frac{a_{\max}\sqrt{3}}{2} \text{ với chu kì con lắc đơn đã cho } T = 1\text{s}$$

$$\text{Ta có } t = 5,25 \text{ s} = 5T + 1/4T$$

$$\text{Khi } t = 0 \text{ s thì } \alpha_0 = 0,1\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{a_{\max}\sqrt{2}}{2}; \text{ vật chuyển động theo chiều âm về VTGB}$$

$$\text{Sau 5 chu kì vật trở lại vị trí ban đầu, sau } T/4 \text{ tiếp vật chưa qua được vị trí } \alpha = -\frac{a_{\max}\sqrt{3}}{2}$$

Vậy: Trong khoảng thời gian 5,25 s tính từ thời điểm con lắc bắt đầu dao động, con lắc có độ lớn vận tốc bằng 1/2 vận tốc cực đại của nó 20 lần.

3. Luyện tập

3.1. Bài tập tự luận

Câu 1: Một lò xo có chiều dài tự nhiên $l_0 = 20$ cm. Khi treo vật có khối lượng $m = 100$ g thì chiều dài của lò xo khi hệ cân bằng $l = 24$ cm. Tính chu kì dao động tự do của hệ.

Câu 2: Một con lắc lò xo dao động thẳng đứng. Khi vật có khối lượng $m = 0,2$ kg. Trong 20 s con lắc thực hiện được 50 dao động. Tính độ cứng của lò xo.

Câu 3: Vật nặng gắn vào lò xo có độ cứng $k = 100$ N/m, dao động điều hòa, thực hiện được 10 dao động trong 4 s. Tính chu kì dao động và khối lượng của vật. Lấy $g = 10$ m/s².

Câu 4: Một vật có khối lượng $m = 100$ g gắn vào một lò xo nằm ngang. Con lắc lò xo này dao động điều hòa với tần số $f = 10$ Hz. Tính độ cứng của lò xo. Lấy $\pi^2 = 10$.

3.2. Bài tập trắc nghiệm

Câu 1: Gắn một vật vào lò xo được treo thẳng đứng làm lò xo dãn ra 6,4 cm khi vật nặng ở vị trí cân bằng. Cho $g = 10$ m/s². Tần số dao động của vật nặng là:

- A. 0,2 Hz B. 2 Hz C. 0,5 Hz D. 5 Hz

Câu 2: Vật có khối lượng $m = 2$ kg treo vào một lò xo. Vật dao động điều hòa với chu kỳ $T = 0,5$ s. Cho $g = \pi^2$. Độ biến dạng của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng là:

- A. 6,25 cm B. 0,625 cm C. 12,5 cm D. 1,25 cm

Câu 3: Một lò xo được treo thẳng đứng, đầu trên cố định còn đầu dưới gắn quả nặng. Quả nặng ở vị trí cân bằng khi lò xo dãn 1,6 cm. Lấy $g = 10$ m/s². Chu kỳ dao động điều hòa của vật bằng

- A. 0,04 s B. $\frac{2\pi}{25}$ s C. $\frac{\pi}{25}$ s D. 4 s

Câu 4: Một con lắc lò xo gồm vật nặng khối lượng 100g gắn vào đầu lò xo có độ cứng 100N/m. Kích thích vật dao động. Trong quá trình dao động, vật có vận tốc cực đại bằng 62,8 cm/s. Lấy $\pi^2 = 10$. Biên độ dao động của vật là:

- A. $\sqrt{2}$ cm B. 2 cm C. 4 cm D. 2,6 cm

4. Kết luận

Qua bài **con lắc đơn** này, các em cần hoàn thành 1 số mục tiêu mà bài đưa ra như :

- Hiểu được cấu tạo con lắc đơn.
- Viết được phương trình động học của con lắc đơn.
- Điều kiện để vật nặng con lắc đơn dao động điều hòa. Viết được công thức tính chu kì, tần số góc của dao động.
- Viết được công thức tính thế năng, động năng và cơ năng của con lắc đơn.
- Xác định lực kéo về tác dụng vào con lắc đơn.

www.eLib.vn