

BÀI 3: CON LẮC ĐƠN

I. THỂ NÀO LÀ CON LẮC ĐƠN

1. Định nghĩa

Gồm một vật nhỏ khối lượng m treo vào đầu sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể, có chiều dài l .

2. Vị trí cân bằng

Là vị trí dây treo có phương thẳng đứng.

II. KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

Từ VTCB kéo vật nặng ra một góc $\alpha_0 < 10^\circ$ rồi buông cho vật dao động.

Ở góc lệch α : $\vec{T} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}_{\text{tp}}$

\vec{P}_t đóng vai trò lực kéo về và gây ra gia tốc tiếp tuyến \vec{a}_t

Ta có: $-P_t = m \cdot a_t \Leftrightarrow -mg \cdot \sin \alpha = m \cdot a_t \Rightarrow a_t = a = -g \cdot \sin \alpha$

Do $\alpha < 10^\circ$ nên $\sin \alpha \approx \alpha = \frac{OA}{l} = \frac{s}{l}$

$$\Rightarrow a = -g \cdot \frac{s}{l}$$

Đặt $\omega^2 = \frac{g}{l} \Rightarrow a = -\omega^2 s$

Vậy khi $\alpha_0 < 10^\circ$ thì vật dao động điều hòa, với:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}, T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Phương trình dao động + Li độ dài: $s = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$

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

III. KHẢO SÁT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

1. Động năng: $E_d = \frac{1}{2}mv^2$

2. Thế năng: $E_t = mgh = mgl(1 - \cos \alpha)$

3. Cơ năng: $E = E_t + E_d = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos \alpha)$

$$E = E_{t\text{max}} = mgl(1 - \cos \alpha_0)$$

$$= E_{d\text{max}} = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2$$

4. Tốc độ của vật

$$|v| = \sqrt{2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)} \Rightarrow |v|_{\text{max}} = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_0)} \text{ tại VTCB}$$
$$\Rightarrow |v| = 0 \text{ tại hai biên}$$

5. Lực căng dây

$$\tau = mgl(3 \cos \alpha - 2 \cos \alpha_0) \Rightarrow \tau_{\text{max}} = mgl(3 - 2 \cos \alpha_0) \text{ tại VTCB}$$

$$\Rightarrow \tau_{\text{min}} = mgl \cos \alpha_0 \text{ tại hai biên}$$

IV. ỨNG DỤNG

$$\text{Từ } T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2\ell}{T^2} \Rightarrow \text{Gia tốc rơi tự do}$$

V. VẬN DỤNG

Câu 1: Một con lắc dao động điều hòa với chu kì 2 s, tại nơi có gia tốc trọng trường $g = \pi^2 \text{ m/s}^2$

- Tính chiều dài dây treo con lắc.
- Nếu tăng chiều dài con lắc thêm 10 cm thì chu kì con lắc là bao nhiêu?

Giải

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \ell = \frac{T^2 \cdot g}{4\pi^2} = 1 \text{ m}$$

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{\ell'}{\ell}} \Rightarrow T' = 2,1 \text{ s}$$

Câu 2: Một con lắc đơn có độ dài ℓ_1 dao động với chu kỳ $T_1 = 0,8 \text{ s}$. Một con lắc đơn khác có độ dài ℓ_2 dao động với chu kỳ $T_2 = 0,6 \text{ s}$. Tính chu kỳ của con lắc đơn có độ dài ℓ

- $\ell = \ell_1 + \ell_2$
- $\ell = \ell_1 - \ell_2$

Giải

$$\text{Từ } T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \text{ ta thấy } T \sim \sqrt{\ell} \Rightarrow \ell \sim T^2$$

$$\text{a) } \ell = \ell_1 + \ell_2 \Rightarrow T^2 = T_1^2 + T_2^2 \Rightarrow T = 1 \text{ s.}$$

$$\text{b) } \ell = \ell_1 - \ell_2 \Rightarrow T^2 = T_1^2 - T_2^2 \Rightarrow T = 0,53 \text{ s.}$$

Câu 3: Con lắc đơn có $m = 50 \text{ g}$; $l = 80 \text{ cm}$ treo tại nơi có $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Kéo con lắc ra khỏi vị trí cân bằng một góc 60° rồi buông ra để con lắc dao động.

- Tính cơ năng của con lắc
- Khi dây treo con lắc hợp với phương thẳng đứng góc 45° thì động năng của nó bằng bao nhiêu?
- Khi lực căng dây treo có độ lớn $0,49 \text{ N}$ thì tốc độ của con lắc bằng bao nhiêu?

Giải

$$\text{a) } E = mg\ell(1 - \cos\alpha_0) = 0,169 \text{ J}$$

$$\text{b) } E_d = \frac{1}{2}mv^2 = mg\ell(\cos\alpha - \cos\alpha_0) = 0,081 \text{ J}$$

$$\text{c) } \tau = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0) \Rightarrow \cos\alpha = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow |v| = \sqrt{2g\ell(\cos\alpha - \cos\alpha_0)} = 1,62 \text{ m/s}$$