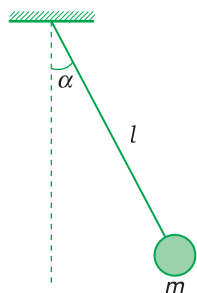




CON LẮC ĐƠN



Hình 3.1

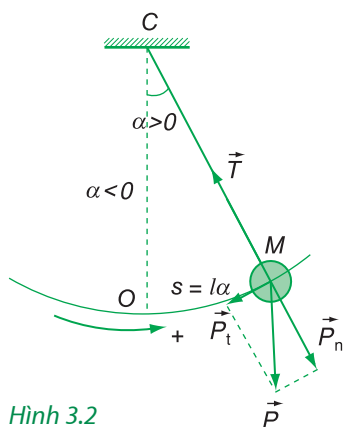
I - THẾ NÀO LÀ CON LẮC ĐƠN ?

1. Con lắc đơn gồm một vật nhỏ, khối lượng m , treo ở đầu của một sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể, dài l (H.3.1).

2. Vị trí cân bằng của con lắc là vị trí mà dây treo có phương thẳng đứng. Con lắc sẽ đứng yên mãi ở vị trí này nếu lúc đầu nó đứng yên. Kéo nhẹ quả cầu cho dây treo lệch khỏi vị trí cân bằng một góc rồi thả ra, ta thấy con lắc dao động quanh vị trí cân bằng trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua điểm treo và vị trí ban đầu của vật.

Ta hãy xét xem dao động của con lắc đơn có phải là dao động điều hoà hay không.

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



Hình 3.2

1. Chọn chiều dương từ trái sang phải, gốc toạ độ cong tại vị trí cân bằng O . Khi ấy, vị trí của vật m được xác định bởi li độ góc $\alpha = \widehat{OCM}$ hay bởi li độ cong $s = \widehat{OM} = l\alpha$ (H.3.2). α và s có giá trị dương khi con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng theo chiều dương và ngược lại.

2. Trong khi dao động, vật chịu tác dụng của trọng lực \vec{P} và lực căng \vec{T} . Ta phân tích trọng lực \vec{P} thành hai thành phần : Lực thành phần \vec{P}_n theo phương vuông góc với quỹ đạo và lực thành phần \vec{P}_t theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo.

Lực căng \vec{T} và lực thành phần \vec{P}_n vuông góc với đường đi nên không làm thay đổi tốc độ của vật.

Hợp lực của chúng là lực hướng tâm giữ cho vật chuyển động trên cung tròn.

Lực thành phần \vec{P}_t là lực kéo về và có giá trị đại số như sau :

$$P_t = -mg \sin \alpha \quad (3.1)$$

Công thức (3.1) cho thấy dao động của con lắc đơn nói chung không phải là dao động điều hoà.

Nếu li độ góc α nhỏ thì $\sin \alpha \approx \alpha$ (rad). Khi ấy, lực kéo về có độ lớn tỉ lệ với li độ. Thật vậy :

$$P_t = -mg\alpha = -mg \frac{s}{l} \quad (3.2)$$

C1

So sánh công thức (3.2) với công thức (2.1), ta thấy $\frac{mg}{l}$ có vai trò của k . Do đó $\frac{l}{g}$ có vai trò của $\frac{m}{k}$ trong công thức tính chu kì của con lắc.

Vậy, khi dao động nhỏ ($\sin \alpha \approx \alpha$ (rad)), con lắc đơn dao động điều hoà theo phương trình :

$$s = s_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (3.3)$$

$$\text{với chu kì: } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.4)$$

trong đó $s_0 = l\alpha_0$ là biên độ dao động.

C2

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

1. Động năng của con lắc đơn là động năng của vật (coi là chất điểm).

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.5)$$

2. Thế năng của con lắc đơn là thế năng trọng trường của vật. Nếu chọn mốc tính thế năng là vị trí cân bằng thì thế năng của con lắc đơn ở li độ góc α là :

$$W_t = mgl(1 - \cos \alpha) \quad (3.6)$$

C1

Chứng tỏ rằng đối với những góc lệch nhỏ hơn 20° thì độ chênh lệch giữa $\sin \alpha$ và α (rad) không đến 1%.

C2

Có nhận xét gì về chu kì của con lắc đơn ?

3. Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc (bao gồm thế năng và động năng của vật) được bảo toàn. Nó chỉ biến đổi từ dạng thế năng sang dạng động năng và ngược lại.

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha) = \text{hằng số} \quad (3.7)$$

Công thức (3.7) đúng đối với mọi li độ góc $\alpha \leq 90^\circ$.

C3 Hãy mô tả một cách định tính sự biến đổi năng lượng của con lắc, khi nó đi từ vị trí biên về vị trí cân bằng và khi nó đi từ vị trí cân bằng ra vị trí biên.

C3

IV - ỨNG DỤNG : XÁC ĐỊNH GIA TỐC RƠI TỰ DO

Trong lĩnh vực địa chất, các nhà địa chất quan tâm đến những tính chất đặc biệt của lớp bề mặt Trái Đất và thường xuyên phải đo gia tốc trọng trường ở một nơi nào đó. Sau đây là một ví dụ.

Dùng một con lắc có chiều dài l tính đến tâm của quả cầu. Đo thời gian của một số dao động toàn phần, từ đó suy ra chu kì T . Sau đó ta tính g theo công thức $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$. Lập lại thí nghiệm nhiều lần, mỗi lần rút ngắn chiều dài con lắc đi một đoạn. Lấy giá trị trung bình g ở các lần đo, ta được gia tốc rơi tự do tại nơi đó.

■ Khi dao động nhỏ ($\sin\alpha \approx \alpha$ (rad)), con lắc đơn dao động điều hoà với chu kì :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

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

■ Thế năng của con lắc đơn ở li độ góc α :

$$W_t = mgl(1 - \cos\alpha) \quad (\text{mốc tính thế năng ở vị trí cân bằng})$$

■ Cơ năng của con lắc đơn được bảo toàn nếu bỏ qua mọi ma sát :

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha) = \text{hằng số}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Thế nào là con lắc đơn ? Khảo sát dao động của con lắc đơn về mặt động lực học. Chứng minh rằng khi dao động nhỏ ($\sin \alpha \approx \alpha$ (rad)), dao động của con lắc đơn là dao động điều hoà.
2. Viết công thức tính chu kì của con lắc đơn khi dao động nhỏ.
3. Viết biểu thức của động năng, thế năng và cơ năng của con lắc đơn ở vị trí có góc lệch α bất kì.
Khi con lắc dao động thì động năng và thế năng của con lắc biến thiên như thế nào ?
4. Hãy chọn câu đúng.
Chu kì của con lắc đơn dao động nhỏ ($\sin \alpha \approx \alpha$ (rad)) là :
A. $T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l}{g}}$ B. $T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$
C. $T = \sqrt{2\pi \frac{l}{g}}$ D. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
5. Hãy chọn câu đúng.
Một con lắc đơn dao động với biên độ góc nhỏ. Chu kì của con lắc không thay đổi khi :
A. thay đổi chiều dài của con lắc.
B. thay đổi gia tốc trọng trường.
C. tăng biên độ góc đến 30° .
D. thay đổi khối lượng của con lắc.
6. Một con lắc đơn được thả không vận tốc đầu từ li độ góc α_0 . Khi con lắc đi qua vị trí cân bằng thì tốc độ của quả cầu con lắc là bao nhiêu ?
A. $\sqrt{gl(1 - \cos \alpha_0)}$ B. $\sqrt{2gl \cos \alpha_0}$
C. $\sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_0)}$ D. $\sqrt{gl \cos \alpha_0}$
7. Một con lắc đơn dài $l = 2,00$ m, dao động điều hoà tại một nơi có gia tốc rơi tự do $g = 9,80$ m/s². Hỏi con lắc thực hiện được bao nhiêu dao động toàn phần trong 5,00 phút ?