

Bài 3: XÁC ĐỊNH MÔMEN QUÁN TÍNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP DAO ĐỘNG XOẮN

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

Xác định mômen quán tính của một số vật thể có hình dạng đối xứng, qua đó nghiệm lại các công thức lý thuyết.

Nghiệm lại định luật Steiner-Huyghens.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Mômen quán tính I là đại lượng đặc trưng cho quán tính của vật rắn trong chuyển động quay. Căn cứ vào biểu thức của mômen quán tính: $I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$ (1) hay $I = \int_{\text{toanbovatran}} r^2 dm$ (2) (nếu vật rắn có

khối lượng phân bố liên tục) ta thấy mômen quán tính của vật rắn không những phụ thuộc vào khối lượng mà còn phụ thuộc vào khoảng cách từ các chất điểm của vật rắn đến trục quay.

Từ công thức (2) ta có thể xây dựng được các biểu thức tính mômen quán tính của một số vật rắn đồng chất có hình dạng đối xứng đối với trục quay đi qua khối tâm trùng với trục đối xứng của vật như sau:

Thanh dài l : $I = \frac{ml^2}{12}$

Vành tròn (Hình trụ rỗng): $I = \frac{1}{2} m(R_{ng}^2 + R_{tg}^2)$

Đĩa tròn (Hình trụ đặc): $I = \frac{mR^2}{2}$

Quả cầu đặc: $I = \frac{2}{5} mR^2$

Đối với trục quay không đi qua khối tâm thì mômen quán tính được xác định bằng định lý Steiner-Huyghens:

Mô men quán tính của một vật rắn đối với một trục Δ bất kỳ bằng mômen quán tính của vật rắn đối với trục Δ_0 song song với Δ đi qua khối tâm G của vật cộng với tích của khối lượng m của vật với bình phương khoảng cách d giữa hai trục:

$$I = I_0 + md^2 \quad (3)$$

Tuy nhiên chúng ta cũng có thể xác định mômen quán tính của một vật rắn bằng phương pháp dao động:

Một vật dao động dưới tác dụng của một mômen xoắn D của lò xo thì có phương trình: $I.\theta'' + D\theta = 0$ (4)

Với θ là góc quay.

I là mômen quán tính của vật.

D là mômen xoắn.

θ là nghiệm của phương trình (4) có dạng một dao động điều hòa với chu kỳ:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}} \quad \Rightarrow \text{Mômen quán tính: } I = \frac{D}{4\pi^2} T^2 \quad (6)$$

Để xác định mômen xoắn ta có thể dùng lực kế đo lực kéo (vuông góc với trục quay) tương ứng với góc quay rồi suy ra D theo công thức: $D = \frac{M}{\alpha} = \frac{F.r}{\alpha}$

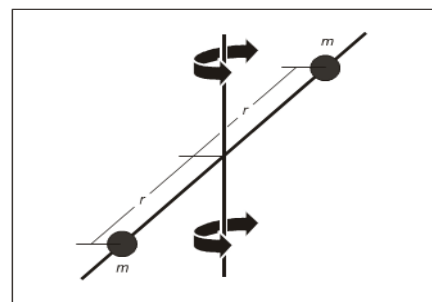
Tuy nhiên ở đây chúng ta sẽ xác định D thông qua mối liên hệ với chu kỳ của thanh khi chịu tác dụng của mômen xoắn.

Mô men quán tính của một khối lượng giống như một chất điểm m chuyển động trên đường tròn với bán kính r là: $I_1 = m.r^2$

Mômen quán tính của hai khối lượng bằng nhau m được nối cứng với nhau và có cùng khoảng cách r tính từ trục quay là: $I_2 = 2m.r^2$

Trong thí nghiệm, sự nối cứng giữa hai khối lượng được thiết lập bởi một thanh có đường kính nhỏ mà phần giữa được gắn cố định với trụ xoắn (xem Hình 1). Sau khi lệch khỏi vị trí cân bằng, hệ thống dao

động với chu kỳ dao động T . Ta có: $I = \frac{D}{4\pi^2} T^2$



Với mômen quán tính I được tạo thành bởi mômen quán tính I_2 của hai khối lượng và mômen quán tính I_0 của thanh: $I = I_2 + I_0 = 2.m.r^2 + I_0$

Trong đó T_0 là chu kỳ dao động của thanh khi không có các khối lượng được đo trong một phép đo khác, ta có: $D.\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 2m.r^2 + D.\left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2$ hay $T^2 = \frac{8m\pi^2.r^2}{D} + T_0^2$

Như vậy, ta có một mối quan hệ tuyến tính giữa bình phương của chu kỳ dao động T và bình phương khoảng cách r , từ độ dốc của đường thẳng: $a = \frac{8m\pi^2}{D}$ được xác định từ đồ thị ta có:

$$D = \frac{8m\pi^2}{a}$$

III. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

1 chân đế, hình chữ V, 20 cm

1 máy đo thời gian hiện số

1 hình cầu cho trụ xoắn

1 cổng quang

1 bộ hình trụ cho trụ xoắn

1 đĩa tròn cho trụ xoắn

1 trụ xoắn

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

Yêu cầu 1: Đo mômen xoắn D:

- Lắp đặt thí nghiệm được minh họa trong Hình 2.
- Gắn phần giữa của thanh ngang vào trụ xoắn và bố trí các khối lượng đối xứng tại một khoảng cách 30 cm tính từ trụ xoắn.

- Đánh dấu vị trí cân bằng trên bàn.
- Quay thanh ngang về bên phải 180° và thả nó ra.
- Bắt đầu phép đo thời gian ngay khi thanh ngang đi ngang qua vị trí cân bằng và dừng phép đo sau hai dao động.

- Lắp lại phép đo năm lần, lần lượt làm lệch thanh về bên trái và về bên phải.

- Tính chu kỳ dao động T từ giá trị trung bình của năm giá trị đo được.

- Lần lượt giảm khoảng cách đến 25cm, 2cm, 15cm, 10cm và 5cm, mỗi lần lắp lại phép đo.

- Ghi kết quả vào bảng 1.

- Từ số liệu ở bảng 1 tính toán và ghi vào bảng 2

- Vẽ đồ thị, từ đồ thị suy ra độ dốc a .

- Suy ra mômen xoắn D (biết $m = 0.240$ kg).

