

Bài 3: XÁC ĐỊNH MOMENT QUÁN TÍNH CỦA TRỤC ĐẶC VÀ LỰC MA SÁT TRONG Ổ TRỤC QUAY

Lớp: L07

Tổ: 2A

Danh sách thành viên:

Xác nhận của giáo
viên hướng dẫn

Họ và tên	MSSV
Vũ Trọng Đạt	2310719
Nguyễn Văn Đức	2310790
Vũ Minh Đức	2310814
Phạm Tuấn Hải	2310880
Trịnh Vũ Đức Hải	2310886
Nguyễn Trung Hậu	2310934

1. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

- Ta có phương trình cơ bản của chuyển động quay của một vật rắn quanh một trục Δ cố định:

$$\vec{\beta} = \frac{\vec{M}}{I}$$

Trong đó:

- $\vec{\beta}$ là Vector gia tốc góc của vật.
- \vec{M} là Moment lực tác dụng lên vật.
- I là Moment quán tính đặc trưng cho quán tính của vật rắn trong chuyển động quay (đơn vị kg.m^2).
- Giả sử ta có hệ gồm 1 bánh xe khối lượng M có trục quay gối trong 2 ổ trục C_1C_2 , đường kính trục quay $= d$. 1 sợi dây mảnh không dẫn được cuốn sít nhau thành 1 lớp trên trục quay, 1 đầu buộc trục, đầu còn lại buộc quả nặng khối lượng m .
- Ban đầu bánh xe M đứng yên, quả nặng m ở vị trí A độ cao h_1 so với vị trí thấp nhất của nó là B , thả nó rơi tự do trong trọng trường với gia tốc trọng trường g . Khi tới vị trí thấp nhất B , quả nặng sẽ có vận tốc v . Sau đó theo quán tính, bánh xe M tiếp tục cuốn sợi dây lên trên, nâng quả nặng m đến vị trí C có độ cao $h_2 < h_1$.
- Khi này, bằng định luật bảo toàn cơ năng, ta suy ra được 2 công thức sau để tính độ lớn lực ma sát f_{ms} của 2 ổ trục quay và Moment quán tính I của bánh xe (kể cả trục quay của nó), với t là thời gian quả nặng rơi từ A tới B :

$$f_{ms} = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2}$$
$$I = \frac{md^2}{4} \left[gt^2 \frac{h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 1 \right]$$

2. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

2.1 Dụng cụ đo và sai số dụng cụ

- Bộ thiết bị thí nghiệm gồm bánh xe có trục quay, giá đỡ có ổ trục, quả nặng, dây treo, hộp chân đế, cảm biến thu – phát quang điện hồng ngoại và hộp điều khiển khởi động máy.
- Máy đo thời gian đa năng hiện số MC-963, chính xác 0.001s.

- Thước kẹp 0 – 150mm, chính xác 0.02mm.
- Thước 1000mm, chính xác 1mm.

2.2 Tiến hành thí nghiệm

a. Bố trí thí nghiệm:

- Cấp nguồn ~220V cho máy đo thời gian, nối cổng A và B của nó lần lượt với cảm biến quang điện trên và dưới.
- Vận nút MODE sang vị trí A ↔ B, gạt khóa K₂ (thang đo thời gian) sang vị trí 9,999 và gạt khóa K trên máy đo thời gian sang ON để bật máy.

b. Đo độ cao ban đầu h₁:

- Bấm nút 3 của bộ điều khiển để nhả má phanh hãm bánh xe M. Khi này bánh xe M sẽ quay và sợi dây cuộn trên trục của nó được nhả dần ra.
- Giữ quả nặng m đứng yên ở vị trí thấp nhất B của nó, dịch chuyển cảm biến quang điện xuống phía dưới ngay vị trí B. Sau đó, lại dịch chuyển cảm biến lên trên từ từ cho đến khi thị số trên máy đo thời gian bắt đầu thay đổi thì dừng lại.
- Đo tọa độ của cảm biến trên thước milimet T, ta được Z_B, chính là vị trí thấp nhất của đáy quả nặng m.
- Quay nhẹ nhàng bánh xe M để dây treo quả nặng m cuốn vào trục quay của bánh xe thành 1 lớp sát nhau cho tới khi đáy của quả nặng m nằm ở vị trí cao nhất A đã xác định trước. Bấm nút F trên bộ điều khiển để hãm bánh xe đứng yên tại A.
- Xác định tọa độ Z_A của đáy quả nặng trên thước milimet T bằng thước Eke, khi này ta tính được độ cao của đáy quả nặng m tại vị trí A:

$$h_1 = Z_B - Z_A$$

- Ghi h₁ vào Bảng 1.

c. Đo độ cao h₂ và thời gian chuyển động t:

- (*) Nhấn nút RESET trên máy đo thời gian để đưa thị số về 0,000.
- Bấm nút 1, rồi bấm ngay nút 2 trên bộ điều khiển để đồng thời nhả má phanh F khỏi bánh xe M, và cho thời gian bắt đầu đếm trên máy đo thời gian hiện số.
- Khi quả nặng rơi tới vị trí thấp nhất B thì thời gian ngừng đếm. Thời gian chuyển động t của quả nặng từ A tới B sẽ hiển thị trên máy đo thời gian.
- Tiếp tục theo dõi chuyển động đi lên của quả nặng, khi nó đạt độ cao cực đại tại C thì bấm nút F để hãm bánh xe. Xác định tọa độ Z_C của vị trí C tương tự như khi xác định Z_B.
- Khi này độ cao của đáy quả nặng m tại vị trí C có giá trị bằng:

$$h_2 = Z_B - Z_C$$

- Ghi giá trị của t và h₂ vào Bảng 1.
- Bấm nút 3 trên bộ điều khiển để hạ quả nặng m tới vị trí B, sau đó từ từ cuộn lên lại tới vị trí A, rồi bấm nút F để hãm lại.
- Thực hiện lại các bước trên khoảng 5 lần bắt đầu từ (*). Ghi độ cao h₂ và thời gian chuyển động t trong mỗi lần đo vào Bảng 1.

d. Đo các đại lượng còn lại:

- Đo đường kính d của trục quay bằng thước kẹp. Thực hiện phép đo này 5 lần và ghi kết quả vào Bảng 1.
- Xác định khối lượng m của quả nặng và sai số của nó, cũng như độ chính xác của thước kẹp, độ chính xác của máy đo thời gian hiện số và độ chính xác của thước milimet T, ghi giá trị của chúng vào Bảng 1.

e. Kết thúc thí nghiệm:

- Gạt khóa K trên máy đo thời gian về OFF rồi rút phích cắm điện của nó ra khỏi nguồn.

3. CÔNG THỨC TÍNH VÀ CÔNG THỨC KHAI TRIỂN SAI SỐ

- Độ lớn lực ma sát trung bình : $\overline{f_{ms}} = \overline{m} \overline{g} \frac{\overline{h_1} - \overline{h_2}}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} (N)$.

- Moment quán tính trung bình: $\overline{I} = \frac{\overline{m} \overline{d}^2}{4} \left[\overline{g} \overline{t}^2 \frac{\overline{h_2}}{\overline{h_1}(\overline{h_1} + \overline{h_2})} - 1 \right] (kg.m^2)$.

- Sai số tỉ đối của f_{ms} :

$$\delta f_{ms} = \frac{\Delta f_{ms}}{\overline{f_{ms}}} = \frac{\Delta m}{\overline{m}} + \frac{\Delta g}{\overline{g}} + \left| \frac{1}{\overline{h_1} - \overline{h_2}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_1 + \left| \frac{-1}{\overline{h_1} - \overline{h_2}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_2.$$

- Sai số tuyệt đối của f_{ms} : $\Delta f_{ms} = \delta f_{ms} * \overline{f_{ms}} (N)$.

- Sai số tỉ đối của I:

$$\delta I = \frac{\Delta I}{\overline{I}} = \frac{\Delta m}{\overline{m}} + 2 \frac{\Delta d}{\overline{d}} + \frac{\Delta g}{\overline{g}} + 2 \frac{\Delta t}{\overline{t}} + \left| \frac{-1}{\overline{h_1}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_1 + \left| \frac{1}{\overline{h_2}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_2.$$

- Sai số tuyệt đối của I: $\Delta I = \delta I * \overline{I} (kg.m^2)$.

4. BẢNG SỐ LIỆU

4.1 Bảng 1: Các thông số thí nghiệm

-Khối lượng quả nặng: $m = 238.2 \pm 0.1 (g)$ -Độ chính xác của thước kẹp: $0.02 (mm)$ -Độ chính xác của máy đo thời gian hiện số: $0.001 (s)$ -Độ chính xác của thước milimet T: $1 (mm)$ -Độ cao ban đầu: $h_1 = 499 \pm 1 (mm)$						
Lần đo	d (mm)	Δd (mm)	t (s)	Δt (s)	h_2 (mm)	Δh_2 (mm)
1	8.02	0.004	5.652	0.012	441	0.2
2	8.02	0.004	5.654	0.01	442	1.2
3	8.02	0.004	5.663	0.001	440	0.8
4	8.02	0.004	5.689	0.025	440	0.8
5	8.04	0.016	5.662	0.002	441	0.2
TB	8.024	0.0064	5.664	0.01	440.8	0.64

4.2 Tính sai số tuyệt đối của các đại lượng đo trực tiếp

- $\Delta d = \Delta d_{ht} + \overline{\Delta d} = 0.02 + 0.0064 = 0.0264(mm) = 0.0000264(m)$.
- $\Delta t = \Delta t_{ht} + \overline{\Delta t} = 0.001 + 0.01 = 0.011(s)$.
- $\Delta h_2 = \Delta h_{2ht} + \overline{\Delta h_2} = 1 + 0.64 = 1.64(mm) = 0.00164(m)$.
- $\Delta m = \Delta m_{ht} + \overline{\Delta m} = 0.1 + 0 = 0.1(g) = 0.0001(kg)$
- $\Delta h_1 = \Delta h_{1ht} + \overline{\Delta h_1} = 1 + 0 = 1(mm) = 0.001(m)$.

5. TÍNH TOÁN KẾT QUẢ

5.1 Tính giá trị lực ma sát ổ trục f_{ms} và moment quán tính trục đặc I

- $\overline{f_{ms}} = \overline{m} \overline{g} \frac{\overline{h_1} - \overline{h_2}}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} = 0.2382 * 9.81 * \frac{0.499 - 0.4408}{0.499 + 0.4408} = 0.1447099 \approx 0.145(N)$.
- $\overline{I} = \frac{\overline{m} \overline{d}^2}{4} \left[\overline{g} \overline{t}^2 \frac{\overline{h_2}}{\overline{h_1}(\overline{h_1} + \overline{h_2})} - 1 \right]$

$$= \frac{0.2382 * (8.024 * 10^{-3})^2}{4} * \left[9.81 * 5.664^2 \frac{0.4408}{0.499(0.499 + 0.4408)} - 1 \right]$$

$$= 1.130353 * 10^{-3} \approx 0.001130(kg.m^2)$$
.

5.2 Tính sai số tỉ đối

$$\begin{aligned}\delta f_{ms} &= \frac{\Delta f_{ms}}{\overline{f_{ms}}} = \frac{\Delta m}{\overline{m}} + \frac{\Delta g}{\overline{g}} + \left| \frac{1}{\overline{h_1} - \overline{h_2}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_1 + \left| \frac{-1}{\overline{h_1} - \overline{h_2}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_2 = \\ &= \frac{0.1}{238.2} + \frac{0.005}{9.81} + \left| \frac{1}{0.499 - 0.4408} - \frac{1}{0.499 + 0.4408} \right| * 0.001 \\ &+ \left| \frac{-1}{0.499 - 0.4408} - \frac{1}{0.499 + 0.4408} \right| * 0.00164 = 0.04697132\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta f_{ms} = \delta f_{ms} * \overline{f_{ms}} = 0.04697132 * 0.1447099 = 6.797215 * 10^{-3} \approx 0.007(N)$$

$$\begin{aligned}\delta I &= \frac{\Delta I}{\overline{I}} = \frac{\Delta m}{\overline{m}} + 2 \frac{\Delta d}{\overline{d}} + \frac{\Delta g}{\overline{g}} + 2 \frac{\Delta t}{\overline{t}} + \left| \frac{-1}{\overline{h_1}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_1 + \left| \frac{1}{\overline{h_2}} - \frac{1}{\overline{h_1} + \overline{h_2}} \right| \Delta h_2 = \\ &= \frac{0.1}{238.2} + 2 \frac{0.0264}{8.024} + \frac{0.005}{9.81} + 2 \frac{0.011}{5.664} + \left| \frac{-1}{0.499} - \frac{1}{0.499 + 0.4408} \right| * 0.001 \\ &+ \left| \frac{1}{0.4408} - \frac{1}{0.499 + 0.4408} \right| * 0.00164 = 0.01643746\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta I = \delta I * \overline{I} = 0.01643746 * 1.130353 * 10^{-3} = 1.858013 * 10^{-5} \approx 0.000019(kg.m^2)$$

5.3 Viết kết quả phép đo

$$\begin{aligned}f_{ms} &= \overline{f_{ms}} \pm \Delta f_{ms} = 0.145 \pm 0.007(N) \\ I &= \overline{I} \pm \Delta I = 0.001130 \pm 0.000019(kg.m^2)\end{aligned}$$