

BÀI SỐ 2

XÁC ĐỊNH MÔ MEN QUÁN TÍNH CỦA VẬT RẮN ĐỐI XỨNG
NGHIỆM LẠI ĐỊNH LÝ STEINER - HUYGENS

Xác nhận của giáo viên hướng dẫn

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội
Lớp 715.93.0 Nhóm 5
Họ tên Tạ Công Nam




I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

Xác định mô men quán tính của vật rắn đối xứng; nghiệm lại định lý Steiner - Huygens

II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Xác định mô men quán tính I_0 của một số vật rắn đối xứng

Bảng 1

- Mô men quán tính của đĩa đỡ khối trụ: $I_D = (0,113 \pm 0,001) \cdot 10^{-3} \text{ (kg.m}^2\text{)}$								
- Độ chính xác của bộ đếm thời gian: $(\Delta T)_{dc} = 0,001 \text{ (s)}$								
Lần đo	Thanh dài		Đĩa đặc		Trụ rỗng		Khối cầu	
	$T_{TH} \text{ (s)}$	$\Delta T \text{ (s)}$	$T_{DD} \text{ (s)}$	$\Delta T \text{ (s)}$	$T_{TR+D} \text{ (s)}$	$\Delta T \text{ (s)}$	$T_C \text{ (s)}$	$\Delta T \text{ (s)}$
1	2,626	0,001	2,068	0,001	1,147	0,000	2,117	0,001
2	2,626	0,001	2,068	0,001	1,147	0,000	2,117	0,001
3	2,623	0,002	2,068	0,001	1,146	0,001	2,119	0,001
4	2,625	0,000	2,071	0,002	1,148	0,001	2,119	0,001
5	2,627	0,002	2,070	0,001	1,148	0,001	2,118	0,000
TB	2,625	0,001	2,069	0,001	1,147	0,001	2,118	0,001

2. Nghiệm lại định lý Steiner - Huygens

Bảng 2

$d (\times 10^{-3} \text{ m})$	$T \text{ (s)}$	$x = d^2 (\times 10^{-6} \text{ m}^2)$	$I = D \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \text{ (kg.m}^2\text{)}$
0	2,639	0	0,0078
30	2,745	900	0,0084
60	3,009	3600	0,0101
90	3,398	8100	0,0129
120	3,888	14400	0,0169

SAI SỐ'

1. Sai số tương đối trung bình của mô men quán tính các vật rắn đối xứng

$$I = D_2 \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Bước 1: Lấy ln hai vế, ta được

$$\ln I = \ln D_2 + 2 \ln T - 2 \ln \pi - 2 \ln 2$$

Bước 2: Đạo hàm trên phần 2 vế, ta có:

$$\frac{dI}{I} = \frac{d(D_2)}{D_2} + 2 \frac{dT}{T} - 2 \frac{d\pi}{\pi}$$

Bước 3: Thay d thành dấu sai số Δ , lấy tổng trị tuyệt đối của các sai số thành phần đồng thời thay I, T bằng các giá trị trung bình của chúng, ta có:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta D_2}{D_2} + 2 \frac{\Delta T}{T} + \frac{2 \Delta \pi}{\pi}$$

- Cách lấy sai số π và số π : Sai số tương đối của π không lớn hơn $\frac{1}{10}$ tổng sai số tương đối của các đại lượng còn lại.

2. Nghiệm lại định lý Steiner - Huygens

$I (\text{kg.m}^2)$	$\Delta I (\text{kg.m}^2)$	$x (\text{m}^2)$	$\Delta x (\text{m}^2)$
0,0078	0,0002	0	0,0000
0,0084	0,0002	0,0009	0,0001
0,0101	0,0002	0,0036	0,0001
0,0129	0,0003	0,0081	0,0002
0,0169	0,0004	0,0144	0,0002

- Sai số tuyệt đối ΔI được xác định dựa vào giá trị I và sai số tương đối δ của I tương ứng:

$$\Delta I = \delta \cdot I$$

III. XỬ LÝ SỐ LIỆU

1. Tính mô men quán tính của các vật rắn đối xứng

a. Thanh dài $L = 620 \pm 1$ (mm), $M = 240 \pm 1$ (g)

- Sai số tuyệt đối của phép đo chu kỳ T_{TH} (đo trực tiếp)

$$\Delta T_{TH} = (\Delta T)_{dc} + \overline{\Delta T}_{TH} = 0,001 + 0,001 = 0,002 \text{ (s)}$$

- Mô men quán tính trung bình của thanh dài:

$$\bar{I}_{TH} = D_z \left(\frac{\bar{T}_{TH}}{2\pi} \right)^2 = 0,044 \times \left(\frac{2,625}{2 \times 3,141} \right)^2 = 0,00768 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tương đối trung bình của phép đo mô men quán tính của thanh dài:

$$\delta = \frac{\Delta I_{TH}}{\bar{I}_{TH}} = \frac{\Delta D_z}{D_z} + \frac{2\Delta T_{TH}}{\bar{T}_{TH}} + \frac{2\Delta \pi}{\pi} = \frac{0,001}{0,044} + \frac{2 \times 0,002}{2,625} + \frac{2 \times 0,001}{3,141} = 0,025 \text{ (}\% \text{)}$$

- Sai số tuyệt đối của mô men quán tính ΔI_{TH} :

$$\Delta I_{TH} = \delta \cdot \bar{I}_{TH} = 0,025 \times 0,00768 = 0,00019 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Kết quả đo mô men quán tính của thanh dài:

$$I_{TH} = \bar{I}_{TH} \pm \Delta I_{TH} = 0,00768 \pm 0,00019 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Mô men quán tính của thanh dài tính theo lý thuyết (I_{TH}^L):

$$(I_{TH})_{LT} = \frac{1}{12} ML^2 = \frac{1}{12} \cdot 240 \cdot 10^{-3} \cdot (620 \cdot 10^{-3})^2 = 0,00769 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tỷ đối: $\delta^* = \frac{|(I_{TH})_{LT} - I_{TH}|}{(I_{TH})_{LT}} = \frac{|0,00769 - 0,00768|}{0,00769} = 0,13 \text{ (}\% \text{)}$

b. Đĩa đặc $D = 220 \pm 1$ (mm), $M = 795 \pm 1$ (g)

- Sai số tuyệt đối của phép đo chu kỳ T_{DD} (đo trực tiếp)

$$\Delta T_{DD} = (\Delta T)_{dc} + \overline{\Delta T}_{DD} = 0,001 + 0,001 = 0,002 \text{ (s)}$$

- Mô men quán tính trung bình của đĩa đặc:

$$\bar{I}_{DD} = D_z \left(\frac{\bar{T}_{DD}}{2\pi} \right)^2 = 0,044 \times \left(\frac{2,069}{2 \times 3,141} \right)^2 = 0,00477 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tương đối trung bình của phép đo mô men quán tính của đĩa đặc:

$$\delta = \frac{\Delta I_{DD}}{\bar{I}_{DD}} = \frac{\Delta D_z}{D_z} + \frac{2\Delta T_{DD}}{\bar{T}_{DD}} + \frac{2\Delta \pi}{\pi} = \frac{0,001}{0,044} + \frac{2 \times 0,002}{2,069} + \frac{2 \times 0,001}{3,141} = 0,025 \text{ (}\% \text{)}$$

- Sai số tuyệt đối của mô men quán tính ΔI_{DD} :

$$\Delta I_{DD} = \delta \cdot \bar{I}_{DD} = 0,025 \times 0,00477 = 0,00012 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Kết quả đo mô men quán tính của đĩa đặc:

$$I_{DD} = \bar{I}_{DD} \pm \Delta I_{DD} = 0,00477 \pm 0,00012 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Mô men quán tính của đĩa đặc tính theo lý thuyết (I_{DD}^L):

$$(I_{DD})_{LT} = \frac{1}{8} MD^2 = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{795}{1000} \right) \cdot \left(\frac{220}{1000} \right)^2 = 0,00481 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tỷ đối: $\delta^* = \frac{|(I_{DD})_{LT} - I_{DD}|}{(I_{DD})_{LT}} = \frac{|0,00481 - 0,00477|}{0,00481} = 0,83 \text{ (}\% \text{)}$

- Sai số tuyệt đối $\Delta x = 2d \cdot \Delta d$ (do $x = d^2$), với $d = 0,001(m)$
- Ta có sai số tuyệt đối của từng giá trị I và x chính bằng sai số tuyệt đối lớn nhất của nó. Tức là $\Delta x = 0,0002 m^2$ và $\Delta I = 0,0004 kg.m^2$

PHỤ LỤC: BÁO CÁO THÍ NGHIỆM VẬT LÝ I

c. Trụ rỗng $D = 89 \pm 1$ (mm), $M = 780 \pm 1$ (g)

- Sai số tuyệt đối của phép đo chu kỳ T_{TR+D} (đo trực tiếp)

$$\Delta T_{TR+D} = (\Delta T)_{dc} + \overline{\Delta T}_{TR+D} = 0,001 + 0,001 = 0,002 \text{ (s)}$$

- Mô men quán tính trung bình của trụ rỗng và đĩa đỡ:

$$\bar{I}_{TR+D} = D_z \left(\frac{\bar{T}_{TR+D}}{2\pi} \right)^2 = 0,044 \times \left(\frac{1,147}{2 \times 3,141} \right)^2 = 0,00147 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tương đối trung bình của phép đo mô men quán tính của trụ rỗng và đĩa đỡ: 2,7

$$\delta = \frac{\Delta I_{TR+D}}{I_{TR+D}} = \frac{\Delta D_z}{D_z} + \frac{2\Delta T_{TR+D}}{\bar{T}_{TR+D}} + \frac{2\Delta\pi}{\pi} = \frac{0,001}{0,044} + \frac{2 \times 0,002}{1,147} + \frac{2 \times 0,001}{3,141} = 0,027 \text{ (%)}$$

- Sai số tuyệt đối của mô men quán tính của trụ rỗng và đĩa đỡ ΔI_{TR+D} :

$$\Delta I_{TR+D} = \delta \cdot \bar{I}_{TR+D} = 0,027 \times 0,00147 = 0,00004 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Mô men quán tính trung bình của trụ rỗng \bar{I}_{TR} :

$$\bar{I}_{TR} = \bar{I}_{TR+D} - \bar{I}_D = 0,00147 - 0,000113 = 0,001357 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tuyệt đối của mô men quán tính trụ rỗng ΔI_{TR} :

$$\Delta I_{TR} = \Delta I_{TR+D} + \Delta I_D = 0,00004 + 0,00001 = 0,00005 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Kết quả đo mô men quán tính của trụ rỗng:

$$I_{TR} = \bar{I}_{TR} \pm \Delta I_{TR} = 0,001357 \pm 0,00005 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Mô men quán tính của trụ rỗng tính theo lý thuyết $(I_{TR})_{LT}$:

$$(I_{TR})_{LT} = \frac{1}{4} MD^2 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{780}{1000} \right) \cdot \left(\frac{89}{1000} \right)^2 = 0,001545 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tỷ đối: $\delta^* = \frac{|(I_{TR})_{LT} - I_{TR}|}{(I_{TR})_{LT}} = \frac{|0,001545 - 0,001357|}{0,001545} = 12 \text{ (%)}$

d. Khối cầu đặc $D = 146 \pm 1$ (mm), $M = 2290 \pm 1$ (g)

- Sai số tuyệt đối của phép đo chu kỳ T_C (đo trực tiếp)

$$\Delta T_C = (\Delta T)_{dc} + \overline{\Delta T}_C = 0,001 + 0,001 = 0,002 \text{ (s)}$$

- Mô men quán tính trung bình của khối cầu đặc:

$$\bar{I}_C = D_z \left(\frac{\bar{T}_C}{2\pi} \right)^2 = 0,044 \times \left(\frac{2,118}{2 \times 3,141} \right)^2 = 0,00500 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Sai số tương đối trung bình của phép đo mô men quán tính khối cầu đặc:

$$\delta = \frac{\Delta I_C}{I_C} = \frac{\Delta D_z}{D_z} + \frac{2\Delta T_C}{\bar{T}_C} + \frac{2\Delta\pi}{\pi} = \frac{0,001}{0,044} + \frac{2 \times 0,002}{2,118} + \frac{2 \times 0,001}{3,141} = 2,5 \text{ (%)}$$

- Sai số tuyệt đối của mô men quán tính khối cầu đặc ΔI_C :

$$\Delta I_C = \delta \cdot \bar{I}_C = 2,5 \times 0,00500 = 0,00013 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

- Kết quả đo mô men quán tính của khối cầu đặc:

$$I_C = \bar{I}_C \pm \Delta I_C = 0,00500 \pm 0,00013 \text{ (kgm}^2\text{)}$$



PHỤ LỤC: BÁO CÁO THÍ NGHIỆM VẬT LÝ I

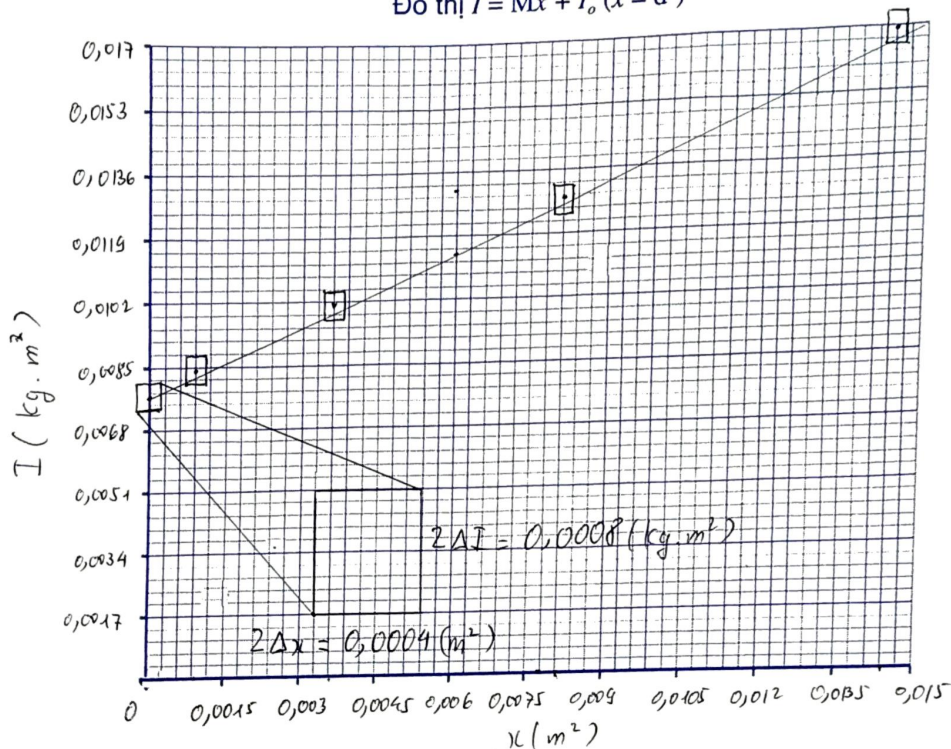
- Mô men quán tính của khối cầu đặc tính theo lý thuyết $(I_C)_{LT}$:

$$(I_C)_{LT} = \frac{1}{10} MD^2 = \frac{1}{10} \times \left(\frac{2290}{1000} \right) \times \left(\frac{146}{1000} \right)^2 = 0,00488 \dots (\text{kgm}^2)$$

- Sai số tỷ đối: $\delta^* = \frac{|(I_C)_{LT} - I_C|}{(I_C)_{LT}} = \frac{|0,00488 - 0,00501|}{0,00488} = 2,5 \dots (\%)$

3. Kiểm nghiệm định lý Steiner - Huygens

Đồ thị $I = Mx + I_o \ (x = d^2)$



- Đánh giá kết quả thu được từ thực nghiệm:

Dựa vào đồ thị thu được, ta thấy dạng đồ thị thu được gần đúng phương trình $I = Mx + I_o \ (x = d^2)$ là đồ thị của hàm số bậc nhất. Như vậy, định lý Steiner - Huygens được nghiệm đúng.

