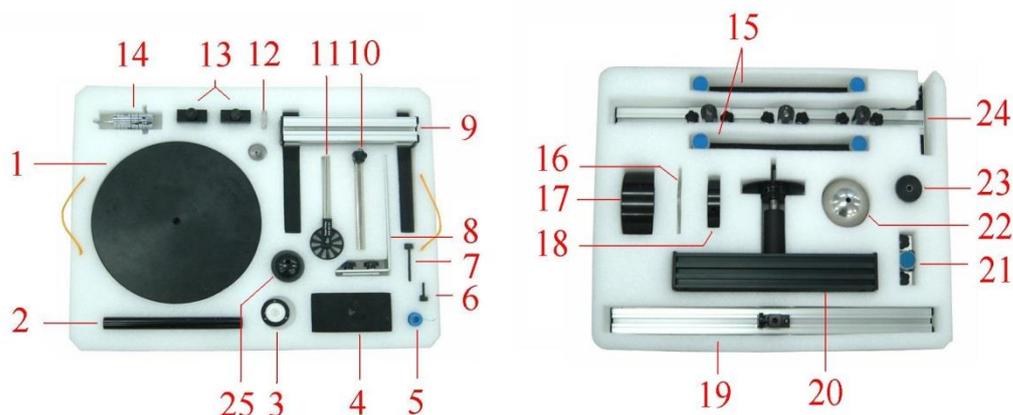


實驗六 轉動慣量實驗

一、實驗目的

1. 計算不同物體的轉動慣量理論值。
2. 利用力矩所產生之角加速度測定不同物體繞軸旋轉的轉動慣量。

二、實驗儀器



項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
1	待測物(圓盤)	1	2	待測物(圓棒)	1
3	水準儀	1	4	待測物(長方體)	4
5	綁線	1	6	固定螺絲(A)	1
7	固定螺絲(B)	1	8	固定座	1
9	光電感應器底座	1	10	定滑輪固定架	1
11	定滑輪	1	12	轉動圓盤固定螺帽	1
13	立方體砝碼	2	14	砝碼組	1
15	兩點調整腳	2	16	壓克力圓盤	1
17	待測物(大圓環)	1	18	待測物(小圓環)	1
19	轉動橫桿	1	20	旋轉台	1
21	零件固定夾	1	22	待測物(空心圓球)	1
23	待測物(圓柱)	1	24	光電感應器支架	1
25	待測物(實心圓球)	1			

三、實驗原理

牛頓第二定律於直線運動時為 $F = ma$ ；但在轉動系統中,牛頓第二定律應改為

$$\tau = I\alpha \dots\dots\dots(1)$$

式中 τ : 施於轉動物體之力矩 (torque)

I : 轉動慣量 (moment of inertia)

α : 物體轉動之角加速度

而角速度=轉動半徑×切線加速度。各種物體有不同的轉動慣量,形狀較簡單的物體可以用積分求得,而較複雜形狀物體的轉動慣量,必須使用本實驗將它求出。如圖 1 所示之系統,旋轉台繞軸 $00'$ 旋轉,當質量 m 物體落下時,將造成繩子產生一力矩為

$$\tau = Tr \sin 90^\circ = Tr \dots\dots\dots(2)$$

由(1)(2)式得

$$I_0 = \frac{Tr}{\alpha} \dots\dots\dots(3)$$

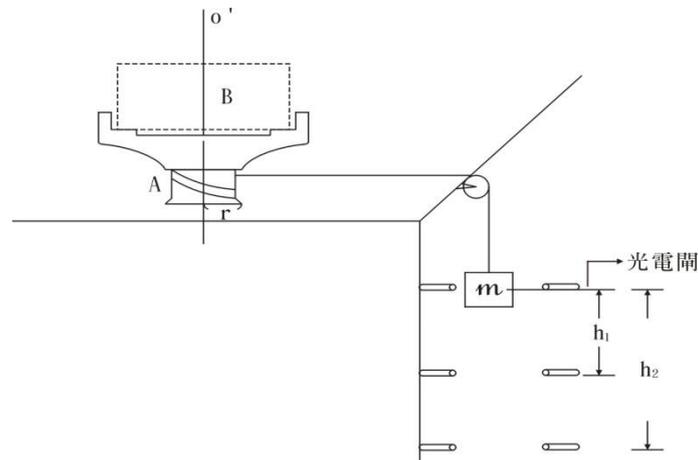


圖 1

當 m 下落時由重力 mg 產生一加速度 a , 與繩子張力 T 的關係為

$$mg - T = ma \dots\dots\dots(4)$$

而

$$a = r\alpha \dots\dots\dots(5)$$

由式(3)(4)(5)可解得

$$I_0 = mr^2 \left[\frac{g}{a} - 1 \right] \dots\dots\dots(6)$$

在此可利用自由落體之實驗方法得到加速度 a 。本實驗使用初速不為零測量法為：

$$a = \frac{2(h_2 t_1 - h_1 t_2)}{t_1 t_2 (t_2 - t_1)} \dots\dots\dots(7)$$

若在轉盤上放置一待測物, 即可利用(6)式測出此時之轉動慣量 I' , 則待測物之轉動慣量

$$I = I' - I_0$$

四、實驗方法

(一) 儀器架設



圖 2

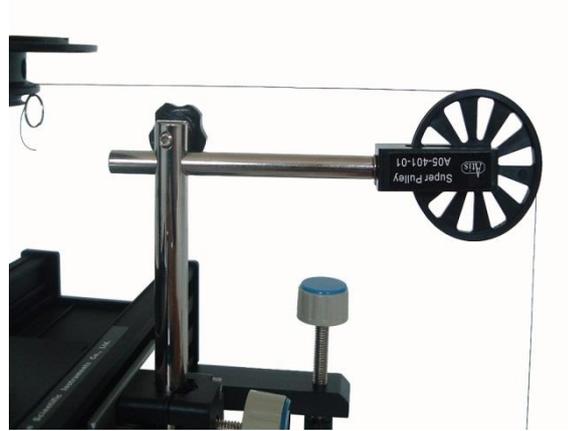


圖 3

1. 首先將實驗綁線穿過旋轉臺上的小孔後綁上小環，讓綁線和旋轉台可以連接在一起。如圖 2
2. 將定滑輪架設在零件固定夾上，讓綁線通過定滑輪後自然垂下。需調整定滑輪高低，使綁線為水平。



圖 4



圖 5

3. 將固定座放入光電感應器支柱中並固定在頂端，如圖 4。
4. 調整光電感應器支柱上的固定座至適當距離，如圖 5。(建議兩次實驗的間距為 10 cm 和 20 cm)

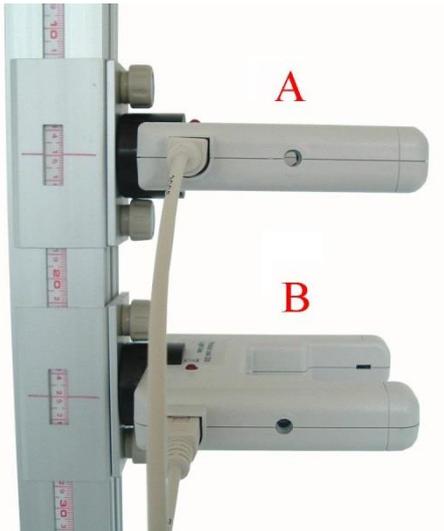


圖 6

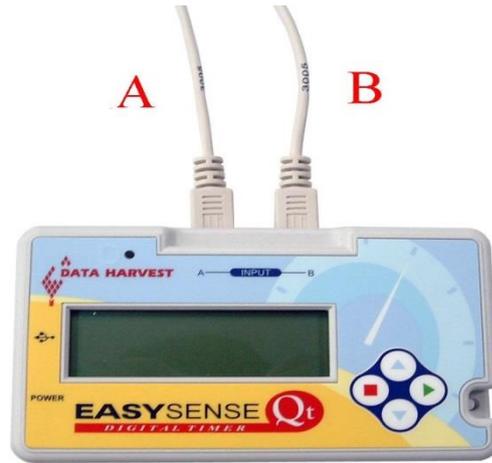


圖 7

5. 將光電感應器插入固定座上並如圖 6 和圖 7 方式連接。



圖 8

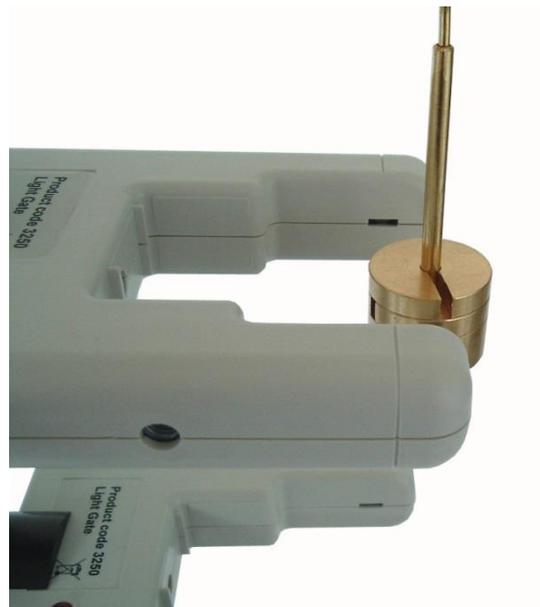


圖 9

6. 將砝碼座掛在綁線上，穿過頂端固定座的槽溝中，如圖 8；調整砝碼座位置使得砝碼座落下時能通過光電感應器的感測端，如圖 9。

(二) 實驗步驟

1. 用遊標尺測量旋轉台繞線腰部之直徑,算出半徑並記錄下來;如圖 10。



圖 10

2. 首先先測量旋轉台本身的轉動慣量。將砝碼座掛於綁線上,砝碼座重量為 50 g。將光電感應器 A 和 B 調整位置使兩光電感應器距離為 10 cm,此距離即為 h_1 。
3. 轉動旋轉台將綁線纏繞在繞線腰部後放開,使砝碼自然落下帶動旋轉台轉動,並由光電感應器測得砝碼座通過光電感應器 A 和 B 之間的時間 t_1 。
4. 加大兩光電感應器之距離至 20 cm,此距離即為 h_2 。重覆步驟 3 得到時間 t_2 。(實驗時請將砝碼座移動到光電感應器支架的最頂端再開始進行實驗,數據會較為一致和準確。)
5. 將所得數據代入公式 $a = \frac{2(h_2t_1 - h_1t_2)}{t_1t_2(t_2 - t_1)}$, 求出 a 值,並將 a 值代入式(6),求出旋轉台之轉動慣量 I_0 ,系統原本質量 $m = 151$ g。
6. 增加砝碼質量並重複步驟 2~.5,求出 I_0 之平均值。

7. 選擇待測物(圓盤), 秤重和量取半徑後計算出其轉動慣量理論值 I 。如圖 11 和圖 12



圖 11

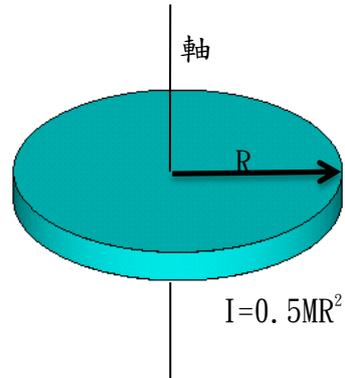


圖 12

8. 同步驟 2~6, 可得轉動慣量 I' 。
9. 由求得此待測物之實驗值, 並和理論值比較。
10. 更換待測物重複步驟 7~9。
11. 選擇待測物(圓棒), 重覆以上實驗。如圖 13 和圖 14。



圖 13

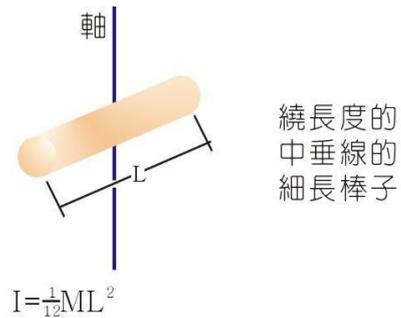


圖 14

12. 選擇待測物(長方體)，重覆以上實驗。如圖 15 和圖 16。



圖 15

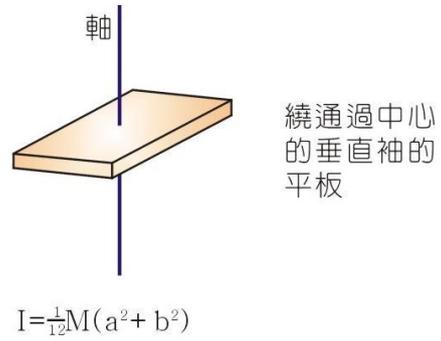


圖 16

13. 選擇待測物(實心圓球)，重覆以上實驗。如圖 17 和圖 18。



圖 17

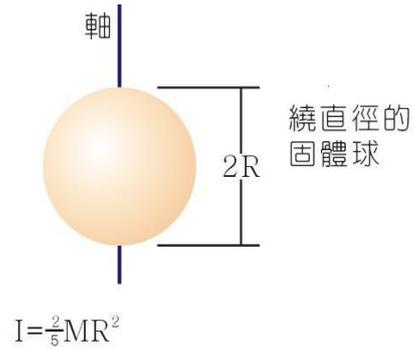


圖 18

14. 選擇待測物(空心圓球)，重覆以上實驗。如圖 19 和圖 20。



圖 19

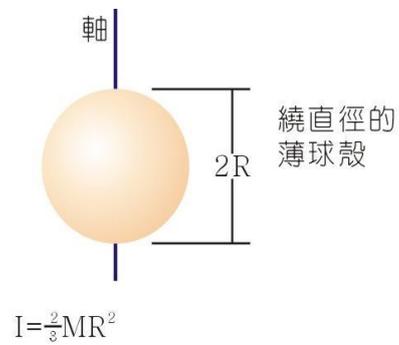


圖 20

15. 選擇待測物(小圓環)，重覆以上實驗。如圖 21 和圖 22。

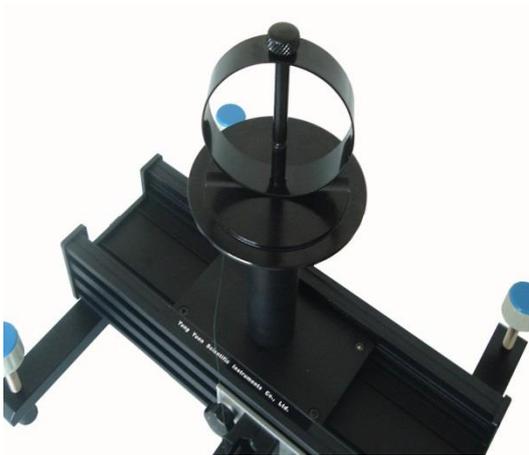


圖 21

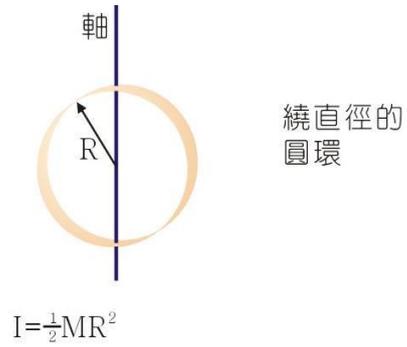


圖 22

16. 選擇待測物(大圓環)，重覆以上實驗。如圖 23 和圖 24。



圖 23

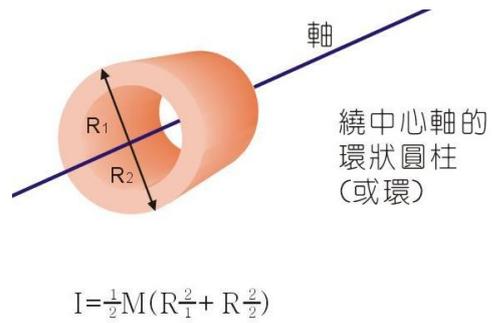


圖 24

17. 選擇待測物(圓柱)，重覆以上實驗。如圖 25 和圖 26。



圖 25

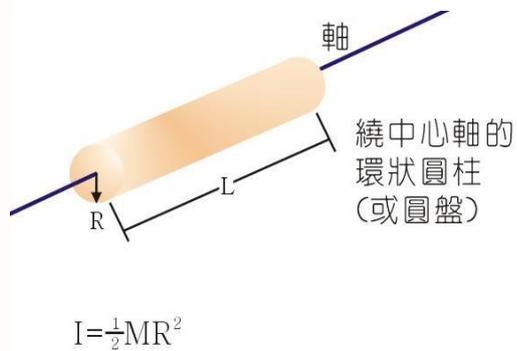


圖 26

18. 選擇待測物(通過質心的傳動軸)，重覆以上實驗。如圖 27 和圖 28。



圖 27

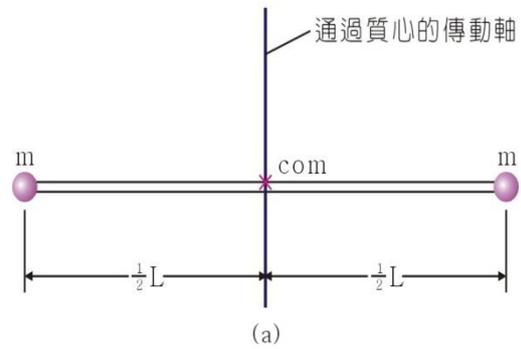


圖 28

五.實驗結果與數據：

物體	公式	質量 M [g]		理論轉動慣量 I [g·cm ²]
圓盤	$I = \frac{1}{2}MR^2$		半徑 R=	
圓棒	$I = \frac{1}{12}ML^2$		長度 L=	
長方體	$I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$		邊長 a= 邊長 b=	
實心圓球	$I = \frac{2}{5}MR^2$		半徑 R=	
空心圓球	$I = \frac{2}{3}MR^2$		半徑 R=	
小圓環	$I = \frac{1}{2}MR^2$		半徑 R=	
大圓環	$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$		內半徑 R ₁ = 外半徑 R ₂ =	
圓柱	$I = \frac{1}{2}MR^2$		半徑 R=	
通過質心 的傳動軸	$I = \frac{1}{2}ML^2$		長度 L=	

旋轉台之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I_o (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	

圓盤之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

圓棒之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

實驗六 轉動慣量實驗

長方體之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

實心圓球之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

空心圓球之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

實驗六 轉動慣量實驗

小圓環之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

大圓環之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

圓柱之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

長方體之轉動慣量

繞線腰部半徑 $r =$ cm

	m(g)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	A (cm/s ²)	I' (g-cm ²)
1							
2							
3							
						平均	
						$I = I' - I_o$	

六. 問題與討論：

1. 此實驗引起誤差的因素有哪些？
2. 轉動慣量越大時，其物理意義為何？
3. 轉動慣量和旋轉軸所在位置是否有關？