

轉動慣量測量及角動量守恆實驗

一、目的

測量不同形狀之物體繞特定軸作旋轉運動時的轉動慣量。

[A]質點式剛體之轉動慣量測量

[B]點質量的角動量守恆

[C]盤與環的轉動慣量

[D]盤的偏離軸心轉動慣量

[E]角動量守恆

二、原理

(1)轉動運動和平移運動的比較

當物體的運動速度遠低於光速時，物體的平移運動可以牛頓第二定律的運動方程式描述之

$$F = ma \quad (1)$$

方程式中 m 為物體的慣性質量(inertia mass)， F 為物體所受的淨外力， a 為運動加速度。對於轉動運動，物體的運動方程式則須以淨力矩(net torque) τ 、轉動體的轉動慣量(moment of inertia) I 和角加速度(angular acceleration) α 分別取代平移運動方程式中的作用力 F 、慣性質量 m 和加速度 a ，改寫為下式：

$$\tau = I\alpha \quad (2)$$

物體轉動的角速度(angular velocity) $\omega =$ 轉動半徑 $r \times$ 切線加速度 a_t 。表一列出物體作移動運動和物體對某一固定軸轉動時，其運動方程式及各種動力學方程式的對照比較。

表一 轉動與平移運動的運動方程式和動力學公式對照表比較

		對某一固定軸之轉動	平移運動	
對固定軸轉動且	平移運動	動能	$K_R = \frac{1}{2}I\omega^2$	$K = \frac{1}{2}mv^2$
$\alpha =$ 常數	$a =$ 常數	平衡	$\Sigma \tau = 0$	$\Sigma \mathbf{F} = 0$
(變數為 θ_f 及 ω_f)	(變數為 x_f 及 v_f)	牛頓第二定律	$\Sigma \tau = I\alpha$	$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$
		牛頓第二定律	$\Sigma \tau = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$	$\Sigma \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$
$\omega_f = \omega_i + \alpha t$	$v_f = v_i + at$	動量	$L = I\omega$	$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$
$\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$	保守定理	$L_i = L_f$	$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_f$
$\theta_f = \theta_i + \frac{1}{2}(\omega_i + \omega_f)t$	$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t$	功率	$P = \tau\omega$	$P = Fv$
$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha(\theta_f - \theta_i)$	$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$	^a 移動和轉動之方程式均以向量式表示，然而部分之轉動方程式只表成非向量之形式。		

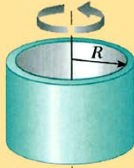
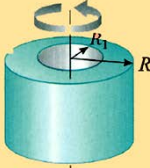
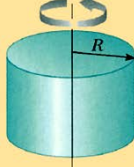
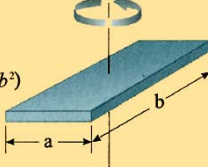

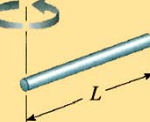
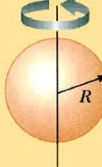

(2)轉動慣量

若不考慮摩擦力和空氣阻力等因素，物體平移運動的難易程度通常和運動體的形狀和運動方向無關，僅取決於運動體的質量。但轉動運動則複雜多了，決定物體轉動的難易程度，不僅

取決於物體的質量，也取決於物體繞轉軸的位置和方向，通常以轉動慣量(rotational inertia) I 作為物體轉動難易的指標。對相同質量的物體，其轉動慣量將依質量分佈、形狀、繞轉的旋轉軸不同，而有不同的值。對於形狀簡單或具高對稱性的物體，其轉動慣量可經由積分計算得。具高對稱性的幾種不同幾何形狀的均質剛體(uniform rigid body)繞不同軸旋轉時的轉動慣量列於表二中。

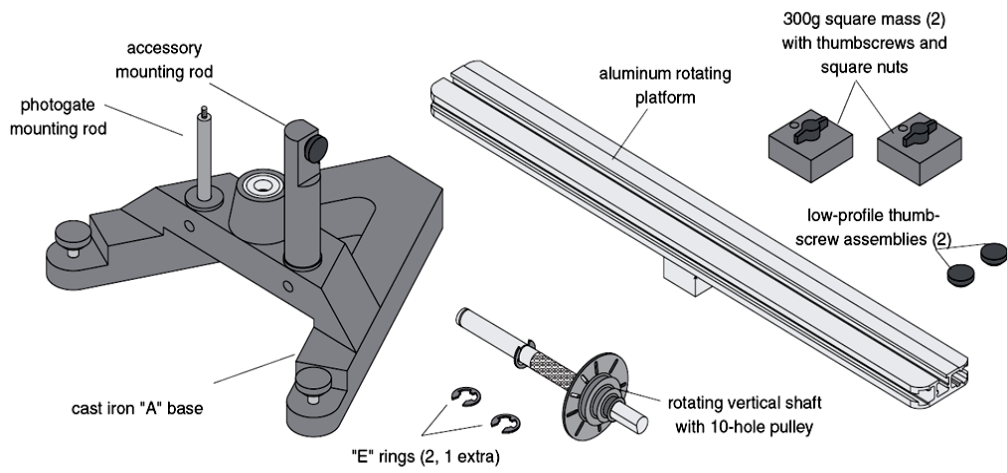
對於對稱性低、形狀複雜、及密度不均勻的物體，則其轉動慣量很難以數學的積分方式求算出來，此時就必須透過實驗測量。可使物體作適當的轉動運動，經實驗測量直接獲得物體的轉動慣量。

表二 不同幾何形狀之均質剛體的轉動慣量計算公式

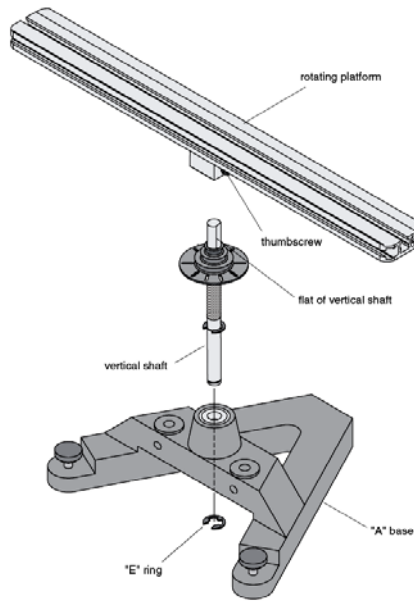
空心薄圓筒 $I_{CM} = MR^2$ 	中空圓柱 $I_{CM} = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)$ 
空心圓柱 或圓盤 $I_{CM} = \frac{1}{2} MR^2$ 	矩形板 $I_{CM} = \frac{1}{12} M(a^2 + b^2)$ 
細長棒以中 心為轉軸 $I_{CM} = \frac{1}{12} ML^2$ 	細長棒以一 端為轉軸 $I = \frac{1}{3} ML^2$ 
實心球 $I_{CM} = \frac{2}{5} MR^2$ 	薄球殼 $I_{CM} = \frac{2}{3} MR^2$ 

三、實驗器材：所有器材如圖 1 所示

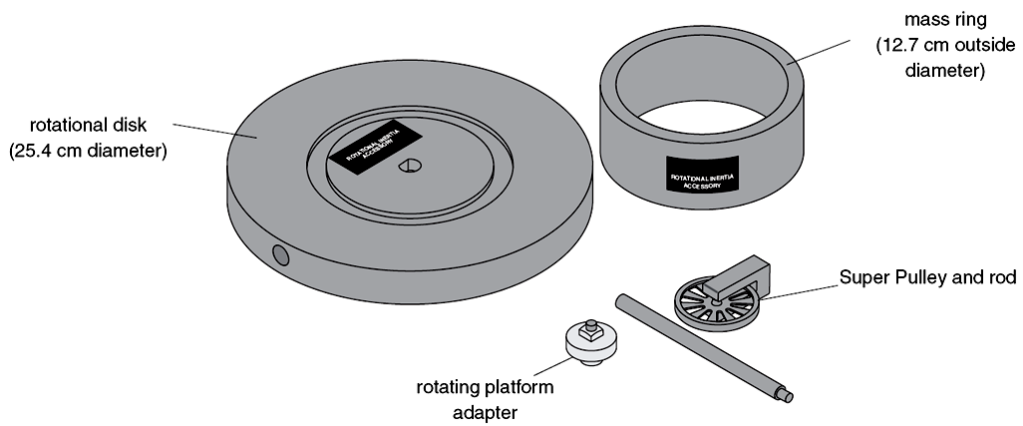
1. 轉動測量基台：如圖 1(a)所示，含 A-型底座、轉動基台零件、轉動平台。
2. 轉動慣量配件：如圖 1(c)所示直徑 25.4 cm 的剛體圓盤，外徑 12.7 cm 的剛體圓環、10 軸輻滑輪組和轉動平台連接固定器(rotating platform adapter)
3. 光電閘：見圖 1(d)
4. 掌上型智慧型多功能數據擷取與分析器：見圖 1(e)



(a) 轉動平台所有組件



(b) 轉動平台組裝示意圖



(c) 剛體圓盤與圓環待測物，及滑輪組件



(d) 光電閘

(e)掌上型智慧型多功能數據擷取與分析器

圖 1 轉動平台(a)組件，(b)組裝示意圖，(c)剛體圓盤與圓環待測物及滑輪組件，(d)光電閘，(e)掌上型智慧型多功能數據擷取與分析器。

四、儀器介紹和組裝

1. 轉動平台組裝(configuration of rotation platform)：

依圖 1(b)所示將圖 1(a)之組件組裝。

- (1) 先將支撐桿插入 A 型底座(“A” base)，在支撐桿底部套入“C”型環，使之固定。
- (2) 如圖 1(b)所示，將轉動長直平台下方的固定孔插進支撐桿上端，注意有形狀限制。支撐桿呈 D 型。

2. 轉動平台底座的水平調整：轉動平台需處於水平狀態，如果不水平，會影響實驗結果的準確度。請按下列步驟調整水平：

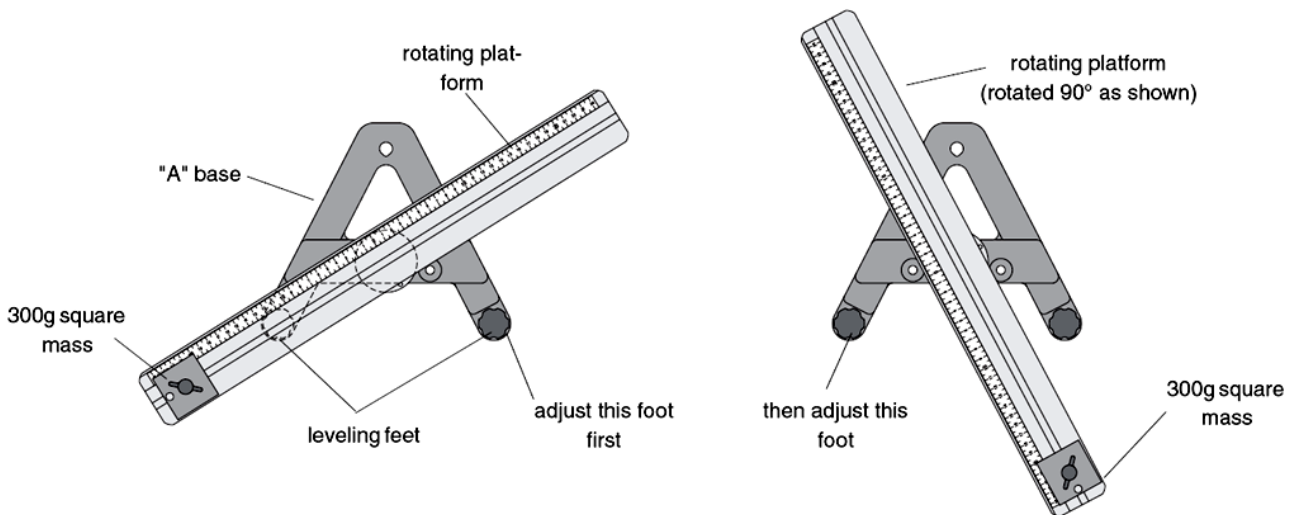


圖 2 (a)

(b)

圖 2 轉動平台底座水平調整步驟示意圖。

- (1) 如圖 2 所示，將重約 300 克的方形重物(300 g square mass)放在軌道的任何一邊，以所附螺絲將之拴緊於轉動平台上。如果有裝向心力裝置，則裝置在同一邊。
- (2) 調整底座一腳的螺絲，直到如圖 2(a)所示，軌道平台對準另一腳的螺絲。
- (3) 然後，如圖 2(b)所示將軌道旋轉 90 度，會與 A 型底座的一邊成平行，再調整底座的另

一個腳螺絲，直到軌道能夠平穩的停留在這個位置。

- (4) 若確實達到水平，則在不受外力作用下，轉動平台不論處於哪一方位都會靜止，不會發生轉動。

3. 安裝智慧滑輪及光電閘：兩配件的安裝位置和方式如圖 3 所示

(1) 單獨使用光電閘

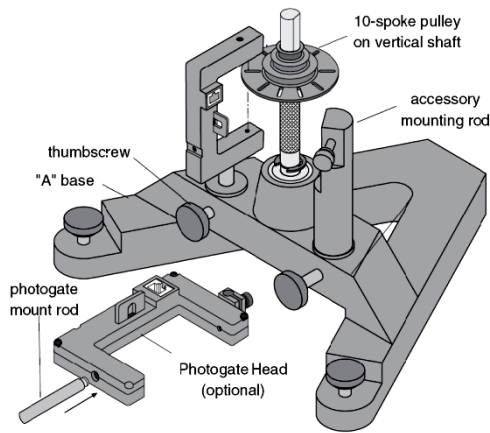


圖 3a

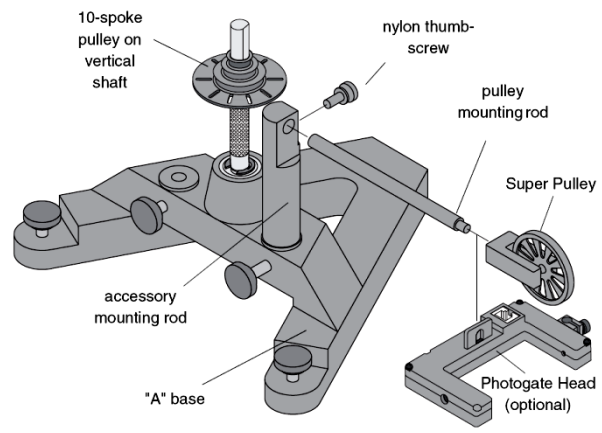


圖 3b

圖 3 智慧滑輪及光電閘的安裝示意圖

- (1) 將支撐桿(photogate mount rod)插入底座靠近轉動桿的孔上。
- (2) 鬆開底座的螺絲，讓支撐桿可以轉動，調整支撐桿與光電閘的方向，讓紅外線光束可以通過滑輪的孔洞。如果光電閘適用電腦驅動，可以利用觀察光電閘末端的 LED 指示燈來得知。光電閘頭勿接觸滑輪。當光電閘頭在正確的位置時，拴緊底部的螺絲固定支撐桿。如圖 3a。

5. 使用智慧滑輪與支撐桿

- (1) 將智慧滑輪水平架設，與光電閘旋緊於支撐桿上。將滑輪的支撐桿插入黑色支撐桿的孔洞上，並拴緊螺絲。如圖 3b。
- (2) 調整黑色支撐桿位置，讓從中心轉軸的線能夠對齊滑輪上的溝槽，調整 A 型底座位置，讓線能通過滑輪並不碰觸桌子邊緣。

6. 轉動剛體組裝：

- (1) 待測的轉動剛體可以直接鎖定在轉動基座上方測量。
- (2) 也可如圖 4 所示，將待測之轉動剛體利用轉動平台連接固定器(rotating platform adapter)鎖定於轉動平台上操作。平台轉接器組裝過程：將方形螺帽(square nut)接到平台轉接器平台上，如圖 4，將平台連接固定器移至在待測剛體擬置放的位置，拴緊連接固定器，以固定轉體。
- (3) 圓盤可透過盤上四個不同位置的 D 形孔(“D” holes)，控制圓盤的轉動軸和轉動方式。
 - (a) 在盤面中心處的 D 形孔：如圖 4 中的左圖所示。固定此孔，使盤體繞盤體外的某一轉軸轉動時，圓盤自己不自轉。
 - (b) 位在另一盤面設有培林的 D 形孔：如圖 4 中的右圖所示。可使圓盤繞盤體外的某一轉軸作公轉時，圓盤自己也能夠繞經過圓盤面中心之垂直軸也作幾近無磨擦阻力的自

旋轉動。

- (c) 位於盤之邊緣上的兩個 D 形孔：兩孔差距 180 度角度。固定此 D 形孔，可設定轉動軸為通過此孔洞的直徑軸，讓整個圓盤繞此直徑轉動。

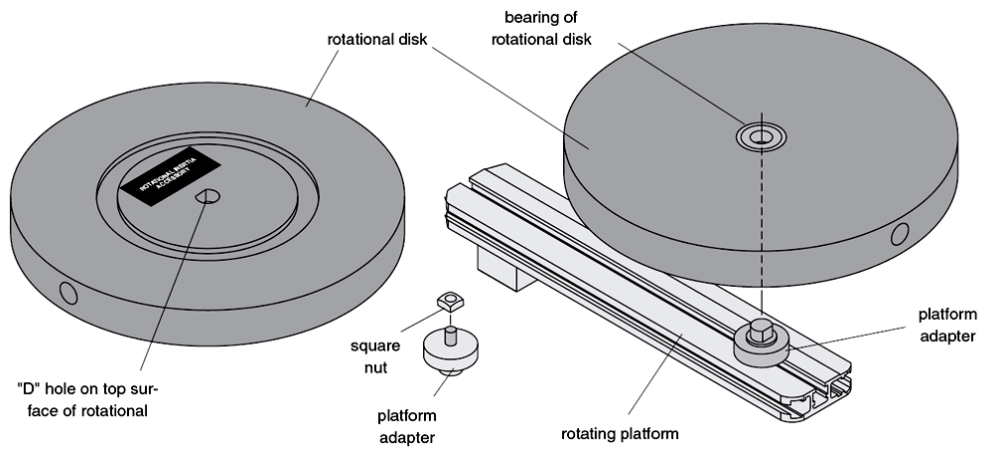


圖 4 圓盤轉體上四個 D 形孔洞位置和轉體組裝於轉動平台上的示意圖。

[A]質點式剛體之轉動慣量測量

一、目的：本實驗目的在找出點質量的轉動慣量，並且改變此數值符合計算理論值。

二、理論：

質量為 M 的物體繞著距其質心距離為 R 的某特定軸旋轉，若物體三個維度的尺寸都遠小於旋轉半徑 R ，則可將之視為體積可忽略的質點。則該質點對此旋轉軸的轉動慣量為

$$I = MR^2$$

式中 M 為質量， R 為轉軸到物體質心的距離。轉動慣量可用如下的實驗方法實際測得。施一已知的力矩 τ 到物體上，使之以角加速度 α 做轉動運動。因

$$\tau = I\alpha$$

如圖 5 所示，力矩 τ 是由一個懸掛重物(hanging mass)的重力經由繩線與滑輪，對著裝置底座所產生的。測量物體的角加速度 α ，

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{T}$$

其中 r 等於纏線物體的半徑， T 為物體轉動時線的張力。對一個懸掛的物體 m ，按牛頓第二運動定律可得：

$$\Sigma F = mg - T = ma \rightarrow T = m(g - a)$$

$$\tau = r T = mr(g - a)$$

繩線的張力為 T ，以一旦知道物體 m 的線性加速度，就可以由轉動慣量公式得到力矩以及角加速度。

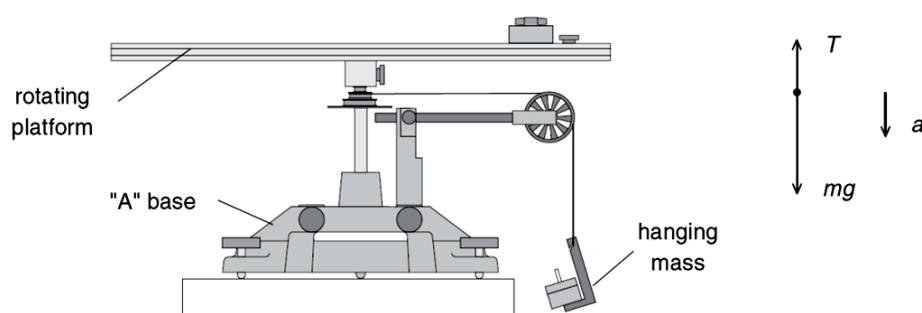


圖 5 剛體之轉動慣量測量的實驗組裝示意圖

三、器材：

智慧滑輪計時程式電腦

砝碼及砝碼掛勾組

游標卡尺

10 孔滑輪

光電閘

天平(共用)

四、實驗步驟：

1. 將方塊剛體鎖定在轉動平台上的任一位置
2. 將智慧滑輪架設在底座，如圖 6，連結至電腦。

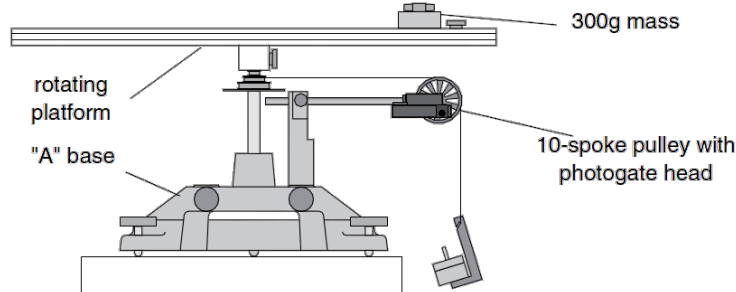


圖 6 質點式剛體之轉動慣量測量的實驗架構圖

3. 估算理論值的轉動慣量：秤量方塊剛體的質量 M 及量測旋轉軸到方塊中心的距離 R ，先理論估算物體的轉動慣量。

表 1.1 理論轉動慣量

質量 M (kg)	半徑 R (m)	轉動慣量 I	
		理論計算值	實驗測量值

4. 取適當的質量(約 5-15 公克之間)，掛在滑輪上，讓滑輪可以克服動摩擦力等速度落下，計算摩擦力。

數據擷取器設定：選擇智慧滑輪/線性；設定「輪輻弧長」為 0.015(m)

5. 掛一個約 50 克的物體在滑輪上，纏繞繩子至上方並讓物體可以由桌子處掉落至地板，做速度與時間的關係圖，由斜率得出點質量與裝置的加速度。
6. 同找出點質量及裝置的加速度方式，將點質量從轉動裝置上拿開，找出裝置本身的加速度以及轉動慣量，然後再由全部的轉動慣量減去，以得到點質量的轉動慣量。將數據記錄在表 1.2。

表 1.2 轉動慣量資料

	點質量及裝置	僅裝置
摩擦力		
掛物質量		
斜率		
繞線半徑		

7. 計算轉動慣量將其填入表 1.3，比較理論值與計算值。

表 1.3

點質量與裝置的轉動慣量	
僅裝置之轉動慣量	
點質量的轉動慣量 (實驗值)	
點質量的轉動慣量 (理論值)	
% 差異百分比	

問題

為什麼調水平時，要在轉動平台鎖定一方塊剛體？

[B]點質量的角動量守恆

一、目的：

一個圓周旋轉的物體被拉到較小半徑，而且新的角速度可以另用角動量守恆來預測。

二、理論：

當圓周半徑改變時，角動量會守恆

$$L = I_i \omega_i = I_f \omega_f$$

其中 I_i 為初始轉動慣量， ω_i 為初始角速度，所以末轉動速度：

$$\omega_f = \frac{I_i}{I_f} \omega_i$$

為找出實驗上的轉動慣量，一個已知的力矩會施加在物理上，而且結果的角速度會被量測到，因為 $\tau = I\alpha$

其中 α 是角速度等於 a/r ，而 r 是力矩由一個懸掛重物繞著裝置底座所產生的。轉動力矩 τ 為

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{T}$$

其中 r 等於纏線物體的半徑， T 為物體轉動時線的張力。

對一個懸掛的物體 m ，按牛頓第二運動定律可得，圖 2.1：

$$\Sigma F = mg - T = ma$$

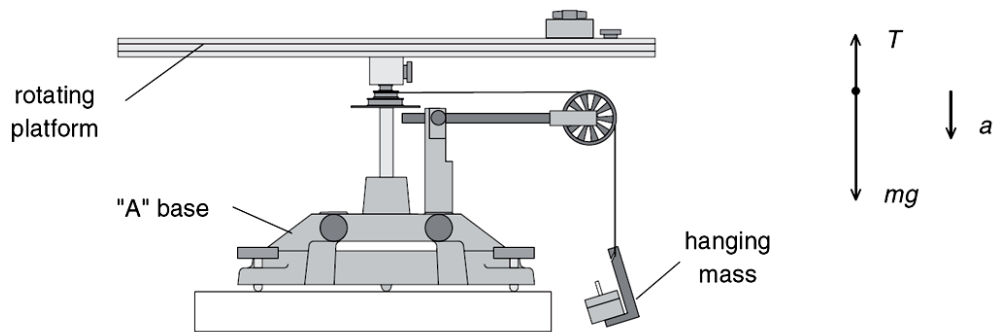


圖 2.1

所以綁線的張力可得：

$$T = m(g - a)$$

所以一旦知道物體 m 的線性加速度，就可以由轉動慣量公式得到力矩以及角加速度。

三、儀器

智慧滑輪計時程式電腦

轉動慣量配件組

轉動慣量平台

智慧滑輪

水平儀

四、實驗步驟：

1. 將 2 螺絲與方塊滑進軌道的 T 型溝槽，將方塊物質有孔的部分對向中心柱，定位螺絲調整至 5 公分及 20 公分處拴緊，當作停止點，讓方塊物質可以在這兩個停止點間移動。並組裝裝置如圖 2.2。

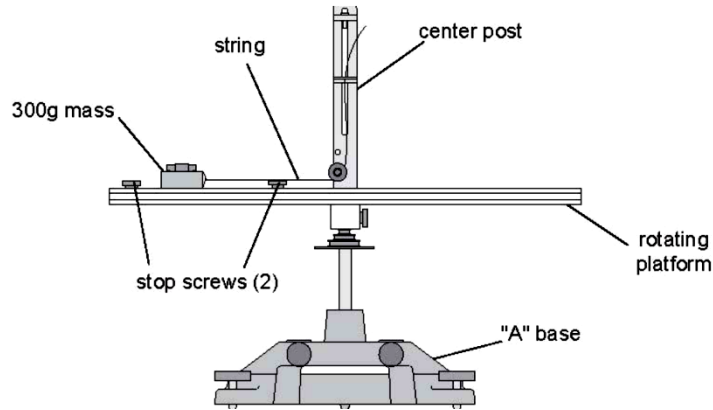


圖 2.2

2. 將智慧滑輪光電閘架在底座的黑色支撐桿上，並調整位置，使其能跨立在中心轉軸的滑輪孔上。
3. 握住中心柱的繩子。當方塊物質抵達外部的停止點時，以手讓軌道轉動。讀取初角速度後，拉繩子讓方塊物質由外部的停止點滑向內部停止點，讀取末角速度記錄到表 2.1 中。

表 2.1 角速度資料

實驗次數	角速度	
	初始	終末
1		
2		
3		

數據擷取器設定：選擇智慧滑輪/轉動；設定「輪輻角間距(度)為 36 度。

4. 將智慧滑輪架設在底座的支撐桿上，綁一條線繞過中心柱的滑輪以及智慧滑輪，如圖 2.3。

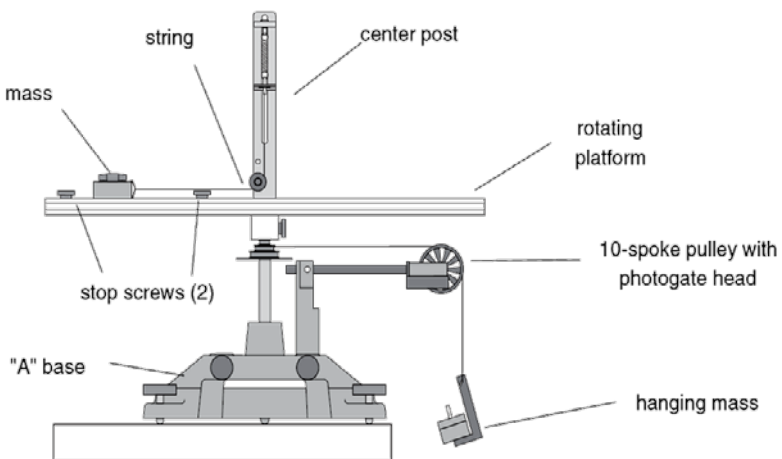


圖 2.3

- 量測裝置的轉動慣量兩次：一次量測方塊物質在初始的位置，另一次則是在最後的位置。
- 取適當的質量(約 5-15 公克之間)，掛在滑輪上，讓滑輪可以克服動摩擦力等速度落下，求得摩擦力。

數據擷取器設定：選擇智慧滑輪/線性；設定「輪輻弧長」為 0.015(m)

7. 找出點質量與裝置的加速度

掛一個約 50 克的物體在滑輪上，纏繞繩子至上方並讓物體可以由桌子處掉落至地板，做速度與時間的關係圖，由斜率得出加速度。

表 2.2 轉動慣量資料

	外部停止點質量	內外部停止點質量
摩擦力		
掛重質量		
加速度		
繞線半徑		
轉動慣量		

- 重複三次實驗。
- 藉由固定量測得到的初始角速度 ω_i ，求得理論終末角速度 ω_f ，再將理論終末角速度 ω_f 與實驗量測所得的終末角速度 ω'_f ，完成下表。

	第一次	第二次	第三次
理論角速度			
%差異百分比			

問題

- 實驗得到的角速度數據是否與理論值相符？
- 計算拉繩子之前的轉動動能能量 $(KE_i = \frac{1}{2}I_i\omega_i^2)$
- 計算拉繩子之後的轉動動能能量 $(KE_f = \frac{1}{2}I_f\omega_f^2)$
- 哪一個動能比較大？為什麼？

[C]盤與環的轉動慣量

一、目的：

利用實驗找出環與盤的轉動慣量，並且改變這些數值以與計算理論值相符。

二、理論：

根據理論，一個環的質心的轉動慣量 I ：

$$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$$

其中 M 是環的質量， R_1 為內徑半徑， R_2 為外徑半徑。見圖 3.1

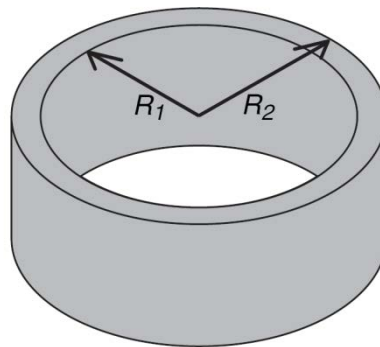


圖 3.1

盤的轉動慣量則為：

$$I = \frac{1}{2}MR^2$$

R 為圓盤半徑

為找出實驗上的轉動慣量，一個已知的力矩會施加在物體上，而且結果的角速度會被量測到，因為 $\tau = I\alpha$ ，其中 α 是角速度等於 a/r ，而 r 是力矩由一個懸掛重物繞著裝置底座所產生的。

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{T}$$

其中 r 等於纏線物體的半徑， T 為物體轉動時線的張力。

對一個懸掛的物體 m ，按牛頓第二運動定律可得，圖 3.2：

$$\Sigma F = mg - T = ma$$

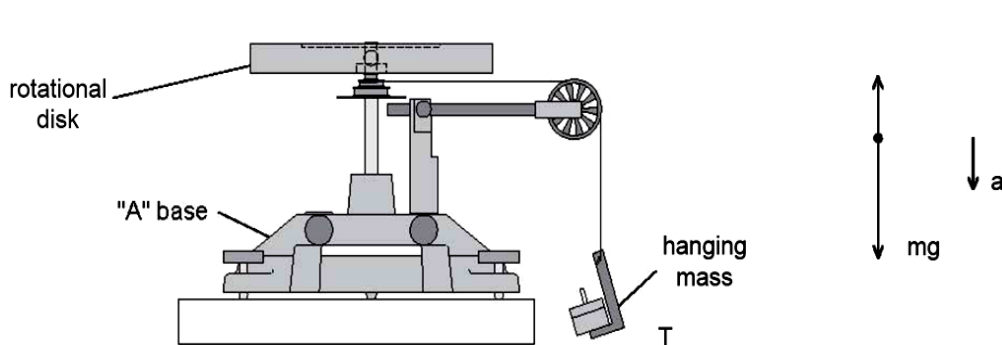


圖 3.2

所以線的張力可得：

$$T = m(g - a)$$

一旦知道物體 m 的線性加速度，就可以由轉動慣量公式得到力矩及角加速度。

三、儀器

轉動慣量配件

精確計時程式電腦

砝碼及掛勾

智慧滑輪

游標卡尺

天平

四、步驟

1. 將軌道從旋轉平台移開，裝直接將盤裝在中心軸上，如圖 3.3 所示。盤有凹痕面要朝上可放置環。
2. 將環放在盤上的凹槽。
3. 將智慧滑輪裝在底座並接到電腦。

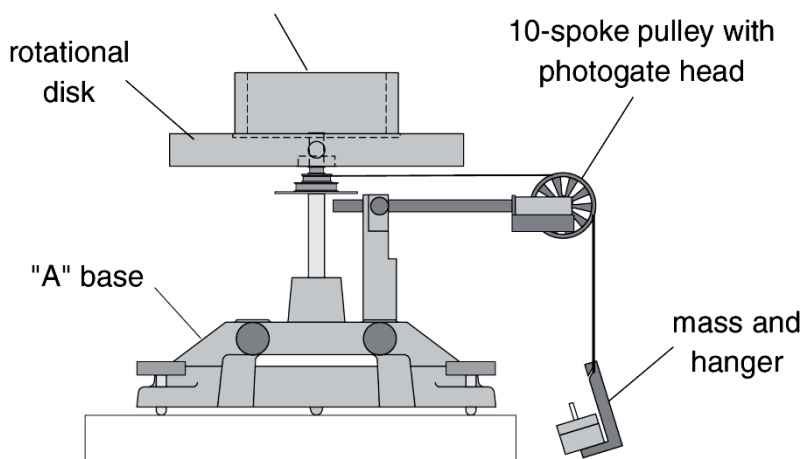


圖 3.3

4. 量測秤盤與環的質量，記錄在表 3.1 中。
5. 量測環的內徑與外徑半徑 R_1, R_2 ，盤的直徑並計算盤的半徑；計算理論轉動慣量。

表 3.1 理論轉動慣量

	質量	半徑	
		內徑	外徑
環			
盤			
轉動慣量理論值			

6. 取適當的質量(約 5-15 公克之間)，掛在滑輪上，讓滑輪可以克服動摩擦力等速度落下，計算摩擦力。將摩擦力質量記錄在表 3.2 中

表 3.2

	環與盤結合	只有盤	盤直立
摩擦力質量			
掛重質量			
斜率			
半徑			

數據擷取器設定：選擇智慧滑輪/線性；設定「輪輻弧長」為 0.015(m)

7. 掛一個約 50 克的物體在滑輪上，纏繞繩子至上方並讓物體可以由桌子處掉落至地板，做速度與時間的關係圖，由斜率得出盤與環的加速度。
8. 測得盤的加速度，用全部的轉動慣量減去盤的轉動慣量即可得環的轉動慣量。
9. 將盤從軸上移開並轉動使其直立。透過盤旁邊的兩個 D 型孔，將盤直立插入到轉軸上，如圖 3.4，以同樣方法測得盤的直立的轉動慣量。

注意：絕對不要透過轉接器將盤直立接到軌道上，因為轉接器太短會使盤在轉動時掉落造成危險。

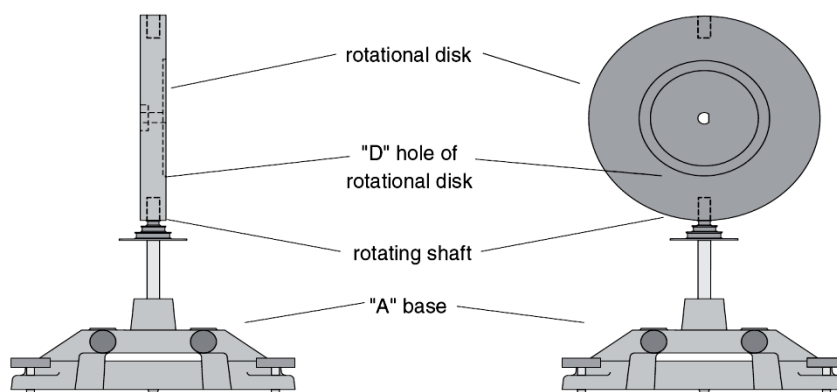


圖 3.4

表 3.3 結果

環與盤的轉動慣量			
	盤的轉動慣量	環的轉動慣量	盤直立時的轉動慣量
實驗值			
理論值			
差異百分比%			

[D]盤的偏離軸心轉動慣量

一、目的：

本實驗目的在找出盤軸心平行質心軸時的轉動慣量

二、理論

理論上，一個盤的垂直軸心通過質心的轉動慣量為：

$$I_{cm} = \frac{1}{2} MR^2$$

其中 M 為盤的質量，R 為盤的半徑。而軸心平行質心軸的盤的轉動慣量為：

$$I = I_{cm} + Md^2$$

其中 d 為兩軸的距離。

在本實驗的一部份中，將盤的培林面架設在軌道上，盤能夠自由的在軌道上轉動。所以當軌道轉動時，對於質心而言，盤是相對不轉動的。因此，其作用就如同一個點質心，

而非而外的物體，而其轉動慣量會降地，由 $I = I_{cm} + Md^2$ 降低為 $I = Md^2$ 。

為找出實驗上的轉動慣量，一個已知的力矩會施加在物體上，而且結果的角速度會被量測到，因為 $\tau = I\alpha$ ，其中 α 是角速度等於 a/r ； τ 是力矩，由一個懸掛重物繞著裝置底座所產生的。

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{T}$$

其中 r 等於纏線物體的半徑，T 為物體轉動時線的張力。

對一個懸掛的物體 m，按牛頓第二運動定律可得，

$$\Sigma F = mg - T = ma$$

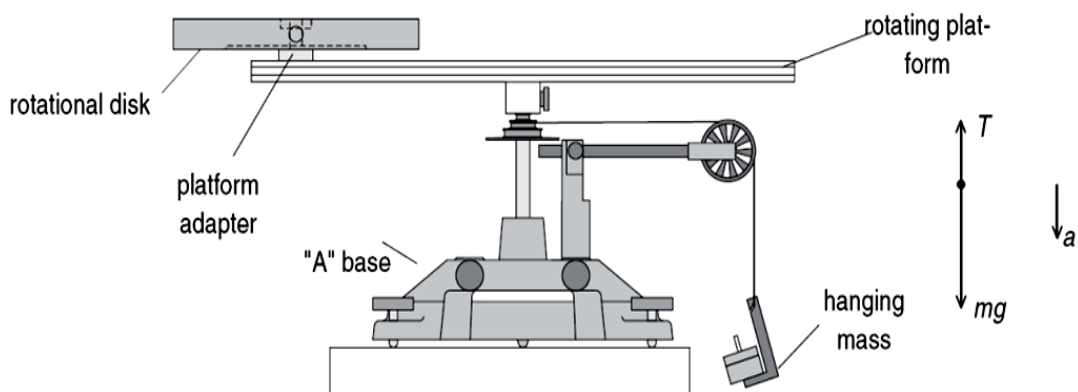


圖 4.1

所以綁線的張力可得：

$$T = m(g - a)$$

所以一旦知道物體 m 的線性加速度，就可以由轉動慣量公式得到力矩以及角加速度。

三、器材

智慧滑輪計時程式電腦

轉動慣量配件

光電閘

砝碼及掛勾

智慧滑輪

游標卡尺

天平

四、實驗步驟：

1. 如圖 4.2，將轉動慣量配件架設起來。將盤的培林面（無凹槽面）朝上，用平台轉接器將盤旋緊在較大的半徑上。

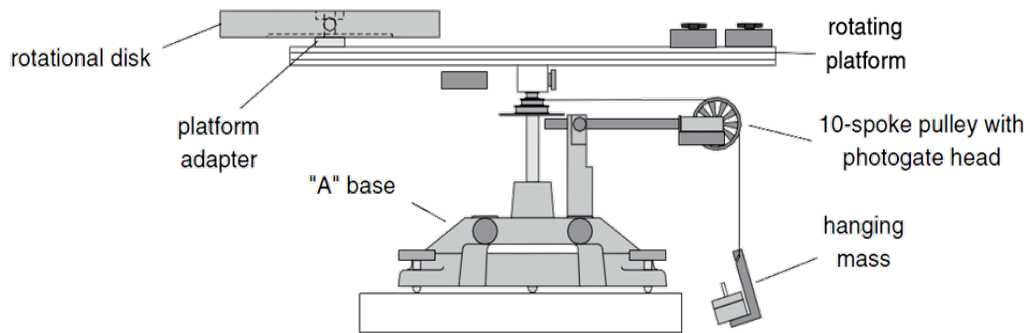


圖 4.2

2. 將智慧滑輪架設在底座上，並接至電腦。
3. 將盤的重量 M 秤重，量測盤的半徑 R ，量測轉動軸心到盤的質心的距離 d 。

表 4.1 理論值的轉動慣量

盤的質量 M	
盤的半徑 R	
兩軸心之間的距離 d	

4. 取適當的質量(約 5-15 公克之間)，掛在滑輪上，讓滑輪可以克服動摩擦力等速度落下，計算摩擦力。

數據擷取器設定：選擇智慧滑輪/線性；設定「輪輻弧長」為 0.015(m)

5. 掛一個約 50 克的物體在滑輪上，纏繞繩子至上方並讓物體可以由桌子處掉落至地板，做速度與時間的關係圖，由斜率得出盤與軌道的加速度。將數據記錄在表 4.2。

表 4.2

	盤固定不動與軌道	只有軌道	盤轉動與軌道
摩擦力			
掛重質量			
斜率			
繞線半徑			

6. 找出盤與軌道的加速度，將盤從轉動裝置上拿開，找出軌道的加速度，然後再由全

部的加速度減去，以得到只有盤的加速度。將轉動慣量填入表 4.3，比較理論值與實驗值。

表 4.3 結果

固定不動的盤與軌道		
自由移動的盤與軌道		
只有軌道		
	偏離軸心固定不動的盤	自由移動的盤（點質心）
理論值		
實驗值		
差異百分比%		

[E]角動量守恆

一、目的

一個不轉動的環掉落在轉動的盤上，將末系統的角速度與利用角動量守恆的預測值進行比較。

二、理論

當一個環掉落在轉動的盤上，系統內並沒有淨力矩，因為環的力矩等於盤反向的力矩。因此，角動量並沒有改變。角動量保持守恆。

$$L = I_i \omega_i = I_f \omega_f$$

其中 I_i 是初始的轉動慣量， ω_i 是初始角速度。盤的初始轉動慣量為：

$$\left(\frac{1}{2}\right) M_1 R^2$$

終末時結合盤與環的轉動慣量為：

$$I_f = \frac{1}{2} M_1 R^2 + \frac{1}{2} M_2 (r_1^2 + r_2^2)$$

所以末轉動速度：

$$\omega_f = \frac{M_1 R^2}{M_1 R^2 + M_2 (r_1^2 + r_2^2)} \omega_i$$

三、器材

智慧滑輪計時程式電腦

光電閘

轉動慣量配件

轉動平台

智慧滑輪

天平

四、實驗步驟：

1. 將轉動慣量配件如圖 5.1 進行組裝，將盤有凹槽的一面朝上，讓環可以放入。

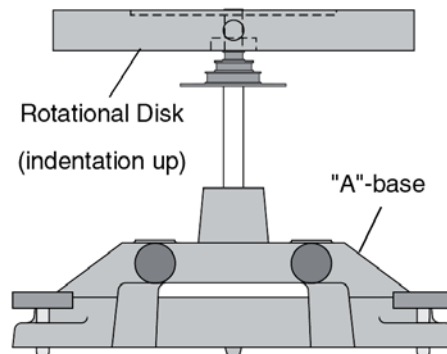


圖 5.1

- 將智慧滑輪光電閘架在底座的黑色支撐桿上，並調整位置，使其能跨立在中心轉軸的滑輪孔上。在盤的中心正上方握住環，用手轉動盤。讀取角速度之後，放開環使之落在盤上，如圖 5.2。讀取角速度。

數據擷取器設定：選擇智慧滑輪/轉動；設定「輪輻角間距(度)」為 36 度。

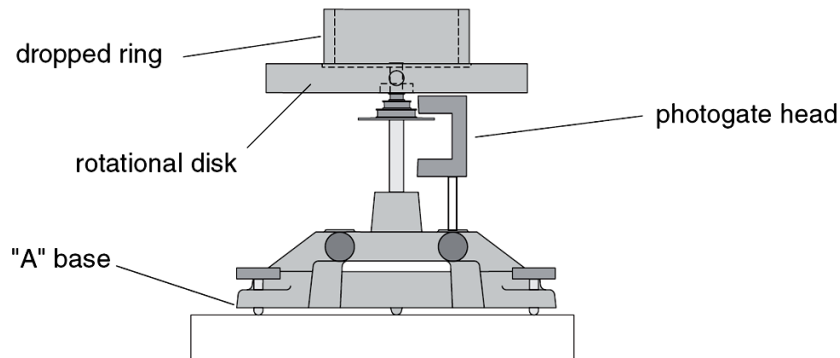


圖 5.2

- 量測盤秤重，量測半徑，固定量測得到的初始角速度 ω_i ，求得理論終末角速度 ω_f ，再將理論終末角速度 ω_f 與實驗量測所得的終末角速度 ω'_f ，記錄在表 5.1 中。

表 5.1

初角速度：

末角速度（實驗值）：

	質量	半徑	
環		內徑	外徑
盤			
末角速度（理論值）			
實驗值與理論值末角速度的差異百分比%			

問題

- 實驗得到的角速度數據是否與理論值相符？
- 碰撞過程中喪失多少百分比的轉動動能？計算之。

$$\%KE \text{ Lost} = \frac{\frac{1}{2}I_i\omega_i^2 - \frac{1}{2}I_f\omega_f^2}{\frac{1}{2}I_i\omega_i^2}$$

Hint:

- 比較[B]部分（點質量的角動量守恆）與[E]部分（角動量守恆）的異同。