

# 向心力實驗

## 一、實驗目的

研究物體繞著軸心作等速率圓周運動時，向心力  $F$  和旋轉體質量  $m$ 、物體至軸心的轉動半徑  $r$  和物體轉動速率  $\omega$  之間的相互關係。

## 二、實驗儀器

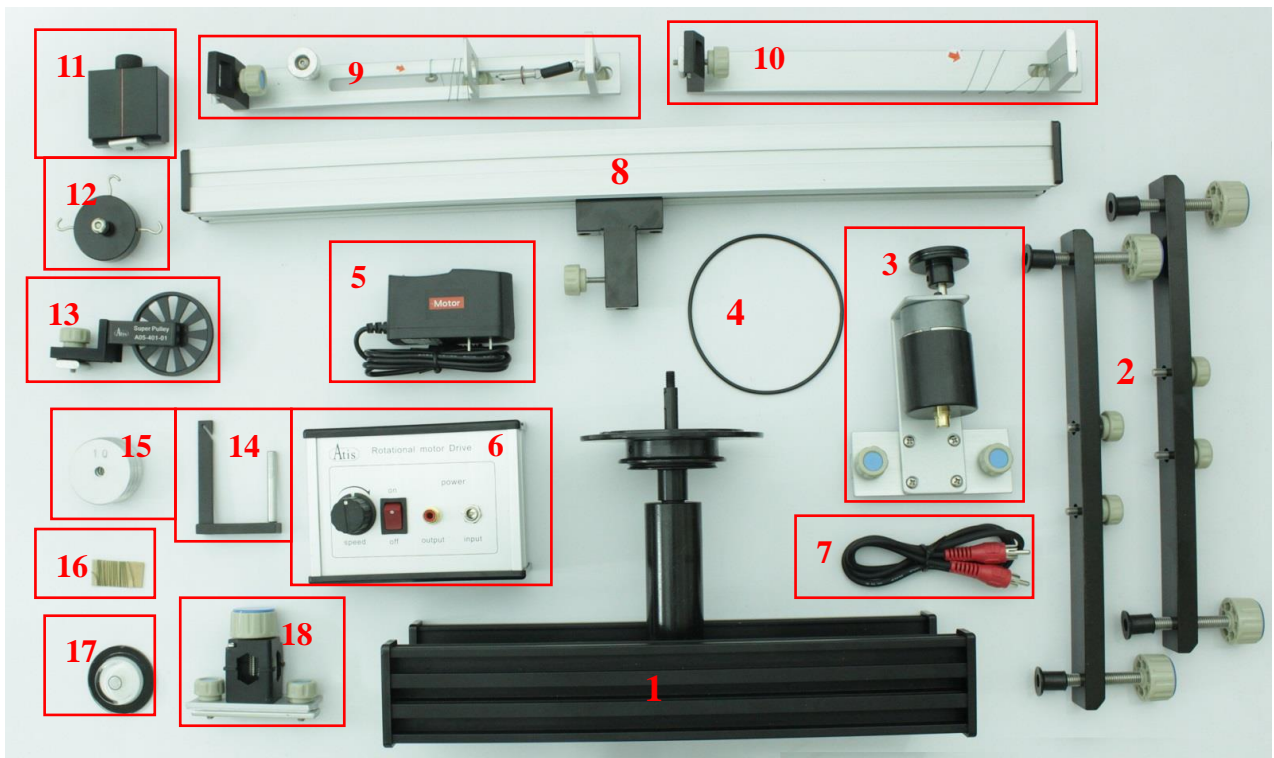


圖 1

項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
1.	轉動實驗台座	1	2.	兩點式調整腳底(含固定旋鈕)	2
3.	轉動馬達	1	4.	帶動皮帶	1
5.	Motor 電源供應器(12V)	1	6.	轉速調節器	1
7.	連接導線	1	8.	T型鋁軌平台	1
9.	向心力指示器	1	10.	旋轉體懸掛架	1
11.	平衡砝碼	1	12.	旋轉體(未加重前為 100g)	1
13.	可固定滑輪	1	14.	L型砝碼架(25g)(附繩)	1
15.	砝碼(10g)	6	16.	細繩	1
17.	水平儀	1	18.	移動式接頭	1

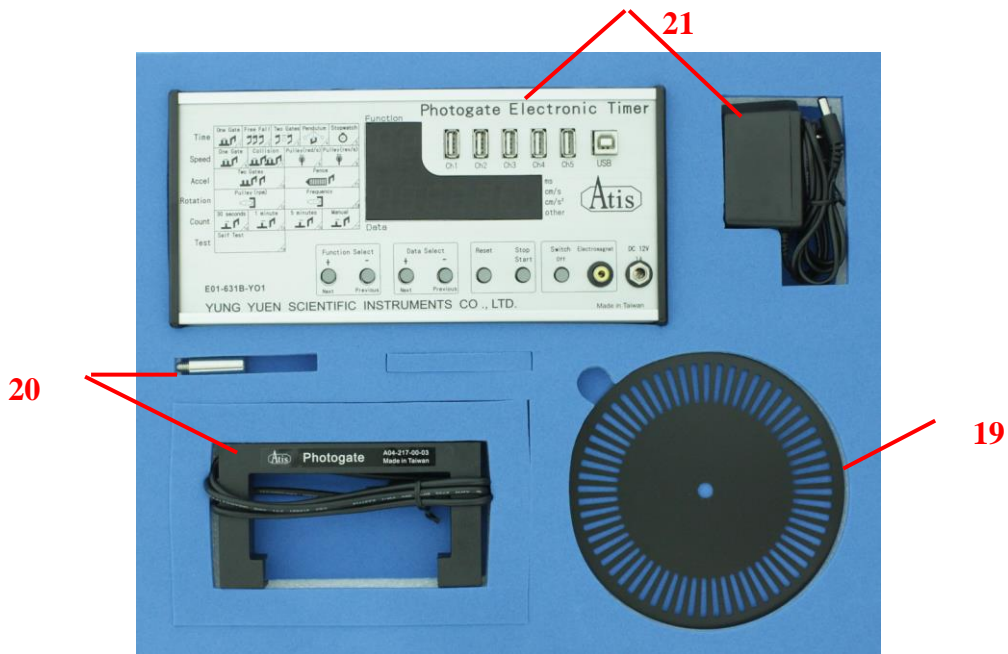


圖 1-1

A01-421E-Y01 儀器選配如上圖 1-1					
項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
19.	圓盤格柵(60 格)	1	20.	光電閘感應器(含鐵柱)	1
21.	運動數據擷取器(含電源供應器 12DCV)	1			

◆ 選配的配件安裝如下圖 1-2(不包含水槽)。

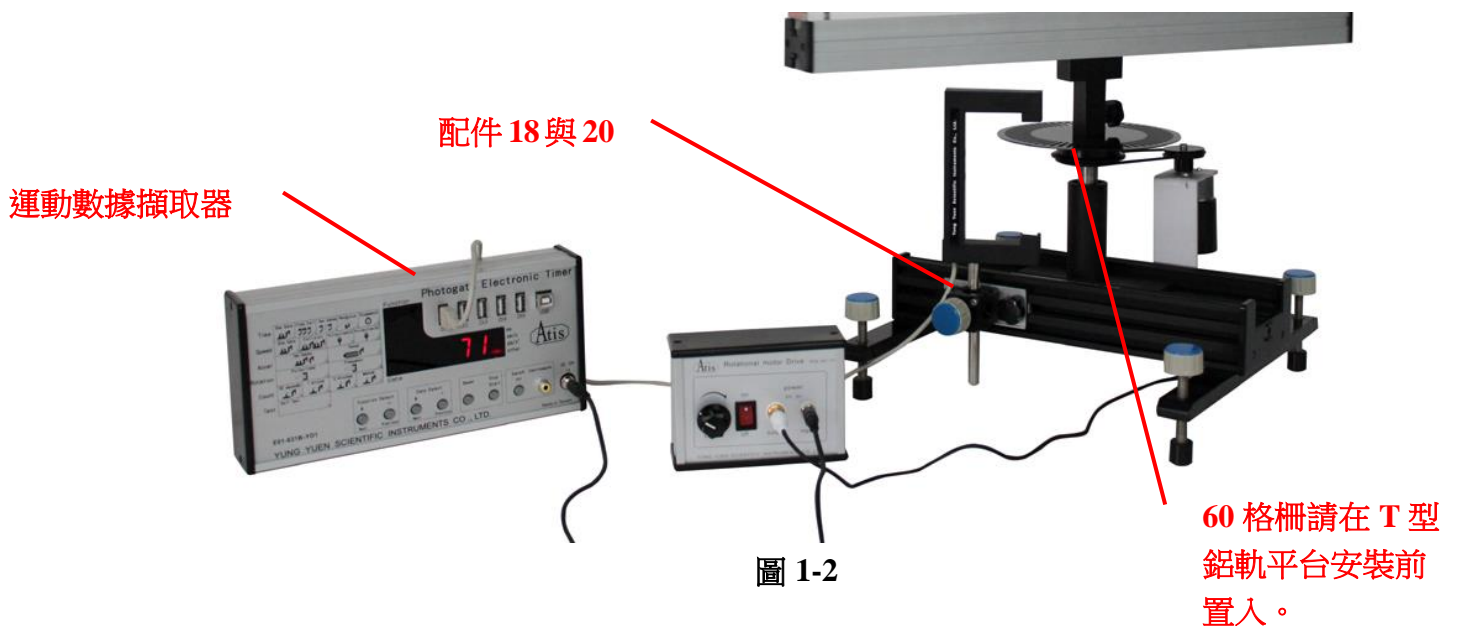


圖 1-2

### 三、實驗原理

等速率圓周運動是一個物體以一定速率繞著圓形路徑的運動，當一個質量為  $m$  的物體在半徑  $r$  的圓形路徑上，以等速率  $v$  作水平圓周運動時，雖然物體的速率保持固定，但因速度的方向一直在改變，故此一質點實際上是在作變速度運動，且加速度的方向恆指向圓周運動軌跡的圓心，故稱之為向心加速度  $a$ 。其大小和速度  $v$  及圓周運動半徑  $r$  間的關係為

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

根據牛頓第二運動定律，物體有加速度，則必有一淨力作用在此物體質點上，此淨力  $F$  的方向與向心加速度  $a$  的方向相同。在任何時刻此力恆指向圓心，故稱為向心力。此向心力的大小與運動物體的質量  $m$ 、旋轉週期  $T$ 、旋轉半徑  $r$  及角速率  $\omega$  間的關係如(2)式

$$F = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2 \quad (2)$$

式中切線速率  $v = \omega r$ ，可由物體圓周運動的週期  $T$  求得：

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \omega r \quad (3)$$

由上式(2)(3)可得到作用在物體的向心力  $F$  與旋轉周期  $T$  的關係式如下：

$$F = \frac{4\pi^2 mr}{T^2} \quad (4)$$

本實驗藉由改變旋轉物體的質量  $m$ 、轉動半徑  $r$  和向心力  $F$  等三個不同的物理量，使物體做各種不同的圓周運動。由量測物體在不同的實驗條件下進行等速率圓周運動時的週期  $T$ ，以探討圓周運動的基本關係式和向心力與質量、轉動半徑、轉動速度三者之關係。

- A. 固定向心力  $F_i$  和旋轉體質量  $m$ ，改變轉動半徑  $r$ ，求轉動週期  $T$  與實驗向心力  $F_i$ 。
- B. 固定轉動半徑  $r$  和旋轉體質量  $m$ ，改變向心力  $F_i$ ，求轉動週期  $T$  與實驗向心力  $F_i$ 。
- C. 固定向心力  $F_i$  和轉動半徑  $r$ ，改變旋轉體質量  $m$ ，求轉動週期  $T$  與實驗向心力  $F_i$ 。

#### 四、實驗步驟

1. 將實驗儀器如圖 2 所示架設。將光電閘接上光電計時器，馬達連接於轉速調節器。



圖 2

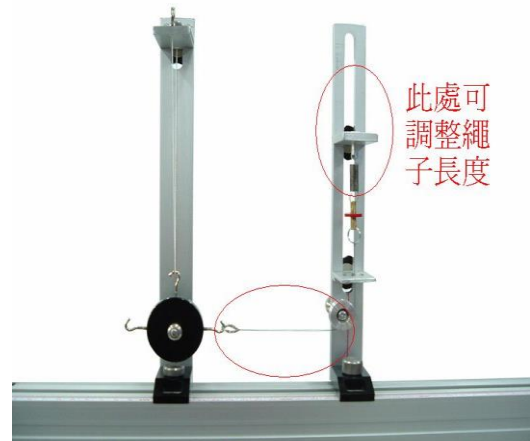


圖 3

2. 先調整旋轉體至向心力指示器間的距離，此距離即為旋轉體旋轉半徑，指示器和懸掛架底部皆有視窗可以觀察鋁尺平台上的刻度。之後調整指示器上的彈簧高度，使重物能自然垂下，再加上平衡砝碼於大概位置上，重物到指示器滑輪間的綁線不要太緊。如圖 3

※ 平衡砝碼放置位子，為旋轉體掛架與向心力指示器之距離的相對位置。

3. 再將 L 型砝碼架和旋轉體透過滑輪連接在一起，一開始在 L 型砝碼架上先加 1 個 10g 砝碼，L 型砝碼架質量為 25g，因此懸掛總重量為 35g，此為等速率圓週運動向心力的初始設定值  $F_i$ 。旋轉體在未加砝碼前為 100g。在架設時注意向心力指示器滑輪、重物、滑輪三者之間的綁線必須調整為水平，旋轉體高度可由旋轉體懸掛架上方的槽溝做調整。如圖 4



圖 4



圖 5

- 4.紅色指標因彈簧受砝碼重力伸長而被往下拉，將指示器移動至紅色指標處使兩者重疊，此時指示器的位置代表彈簧受外力(砝碼與砝碼架)所產生之伸長量。如圖 5。
- 5.指示器設定好後將砝碼架和滑輪卸下，紅色指標會受彈簧恢復力而往上移動。如圖 6。開啟轉速調節器開關，調整馬達轉速旋鈕，使馬達帶動鋁尺平台旋轉。轉速調節器如圖 7 所示。



圖 6



圖 7

- 6.旋轉體旋轉後因向心力作用將紅色指標向下拉，此時調整馬達轉速旋鈕，控制紅色指標和指示器重疊，回復到如圖 5 所示。當兩者重疊時，代表向心運動所產生之向心力與先前砝碼重(砝碼和砝碼架)相等。

※觀看紅色指標時需注意安全，因為鋁尺平台在旋轉，小心別被儀器撞擊到！

※在紀錄前，先讓馬達運轉數分鐘達熱機，實驗結果會更精準。

- 7.調整好轉速後觀察光電計時器所測得的旋轉週期  $T$ ，並記錄下來。建議多取幾次平均值。
- 8.將轉動半徑  $r$ 、重物質量  $m$ 、旋轉週期  $T$  代入(4)式中求出向心力實驗值，並和實驗開始時所懸掛的砝碼重量的向心力設定值  $F_i$  做比較，驗證實驗原理。

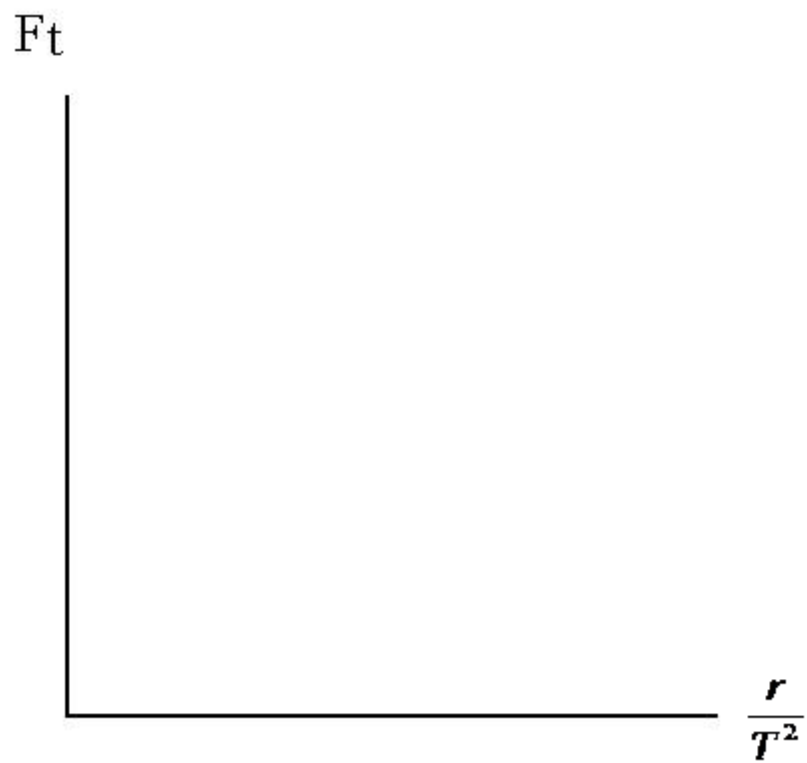
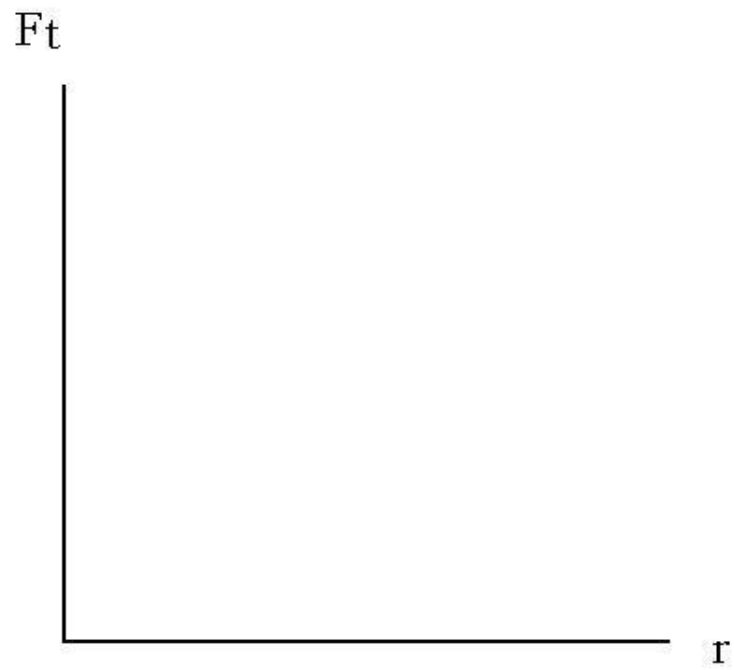
## 五、實驗數據與分析

$$F = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

註：向心力實驗值  $F_t$  計算出來單位為牛頓(N)，和向心力設定值  $F_i$  做比較時需做單位的轉換  
 $1\text{N} = 102.04\text{g}$

1. 固定旋轉體質量  $m$  和向心力  $F_i$  設定值，改變半徑  $r$ ，測量週期求得向心力實驗值  $F_t$ ，驗證向心力實驗值  $F_t$  和旋轉半徑  $r$  之關係。

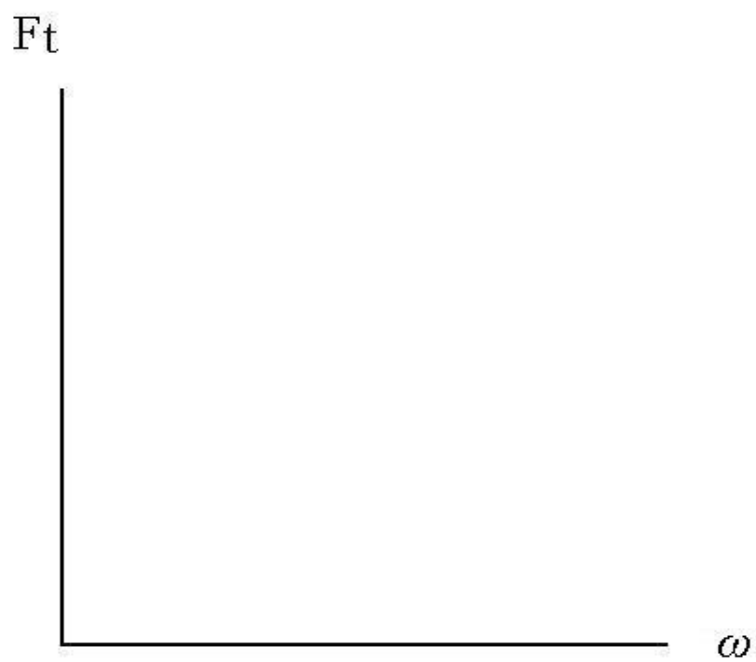
旋轉體 質量 $m$	向心力 初始設定值 (砝碼總重) $F_i$	旋轉 半徑 $r$	轉動 週期 $T$	半徑與週期 平方反比值 $\frac{r}{T^2}$	向心力 實驗值 $F_t$	誤差 $\frac{F_t - F_i}{F_i} \times 100\%$



2. 固定旋轉體質量  $m$  和旋轉半徑  $r$ ，改變向心力設定值  $F_i$ ，驗證向心力實驗值  $F_t$  和轉動週期

$T$ 和角速度 $\omega$ 之關係。

旋轉體質量 $m$	旋轉半徑 $r$	向心力初始 設定值 (砝碼總重) $F_i$	轉動週期 $T$	角速度 $\omega = \frac{2\pi r}{T}$	向心力 實驗值 $F_t$	誤差 $\frac{F_t - F_i}{F_i} \times 100\%$





3. 固定半徑和向心力設定值，改變旋轉體質量，驗證向心力實驗值  $F_t$  和旋轉體質量  $m$  之關係。

旋轉半徑 $r$	向心力 初始設定值 (砝碼質量) $F_i$	旋轉體 質量 $m$	轉動 週期 $T$	質量與週期 平方反比值 $\frac{m}{T^2}$	向心力 實驗值 $F_t$	誤差 $\frac{F_t - F_i}{F_i} \times 100\%$

