

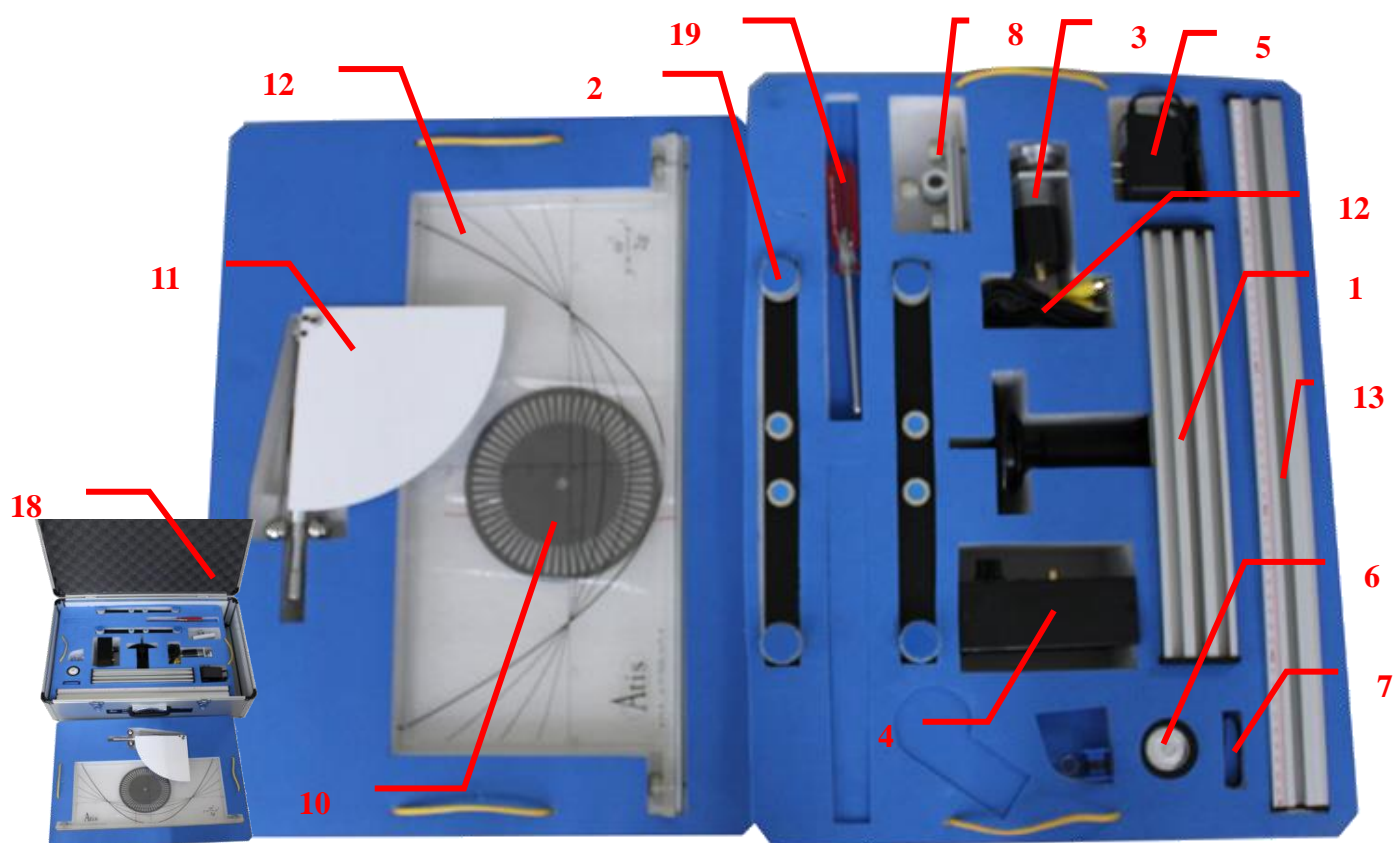
# 離心力實驗

## 實驗項目

1. 重球式離心力實驗
2. 橫式離心力實驗

## 實驗儀器

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	圓周運動實驗平台	1	2	兩點調整腳	2
3	直流轉動馬達	1	4	轉速調節器	1
5	DC 電源供應器	1	6	水平儀	1
7	帶動皮帶	1	8	可移動接頭	1
9	連接導線	1	10	格柵(60 格)	1
11	重球張角架	1	12	離心力水槽	1
13	鋁尺平台	1	14	運動數據擷取器	1
15	光電閘感應器	1	16	直流電源供應器(12V)	1
17	鐵柱	1	18	鋁合金保管箱	1
19	十字螺絲起子(自備)	1			



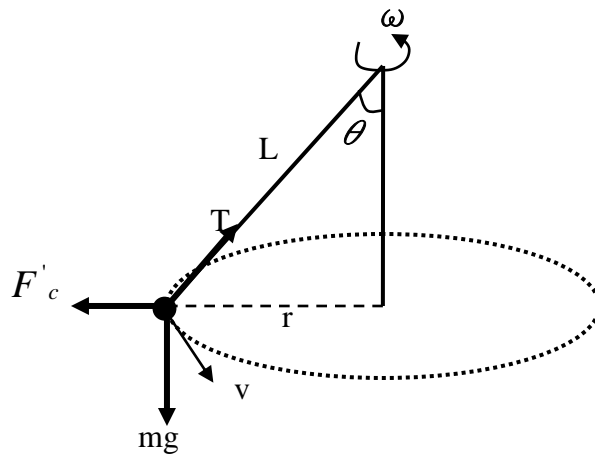
# 實驗一、重球式離心力實驗

## 一、實驗目的

轉動中的實驗，其擺球的運動圓週角速度與運動張角的關係。

## 二、實驗原理

一質量為  $m(\text{kg})$  的重球在實驗中，因為垂直軸心的轉動速率為  $\omega(\text{rad/s})$ ，而帶動重球做半徑  $r(\text{m})$  的水平圓週運動，其切線速度為  $v(\text{m/s})$ ，此時分別受到水平面的離心力  $F'_c(\text{N})$  和萬有引力的重力以及臂長  $L(\text{m})$  張力  $T(\text{N})$ ，力合成的結果使重球和垂直轉軸產生一夾角，在此稱張角  $\theta$ ，如下圖(1-1)表示，



圖(1-1)

由圖可得知張力之水平力與離心力關係公式，

$$T \sin \theta = F'_c = ma'_c \quad (1)$$

其中離心加速度為

$$a'_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r \quad (2)$$

則公式(2)帶入公式(1)可得

$$T \sin \theta = m \omega^2 r \quad (3)$$

其中運動圓週半徑與臂長的關係為

$$r = L \sin \theta \quad (4)$$

而張力之垂直力與萬有引力的重力關係式，

$$T \cos \theta = mg \quad (5)$$

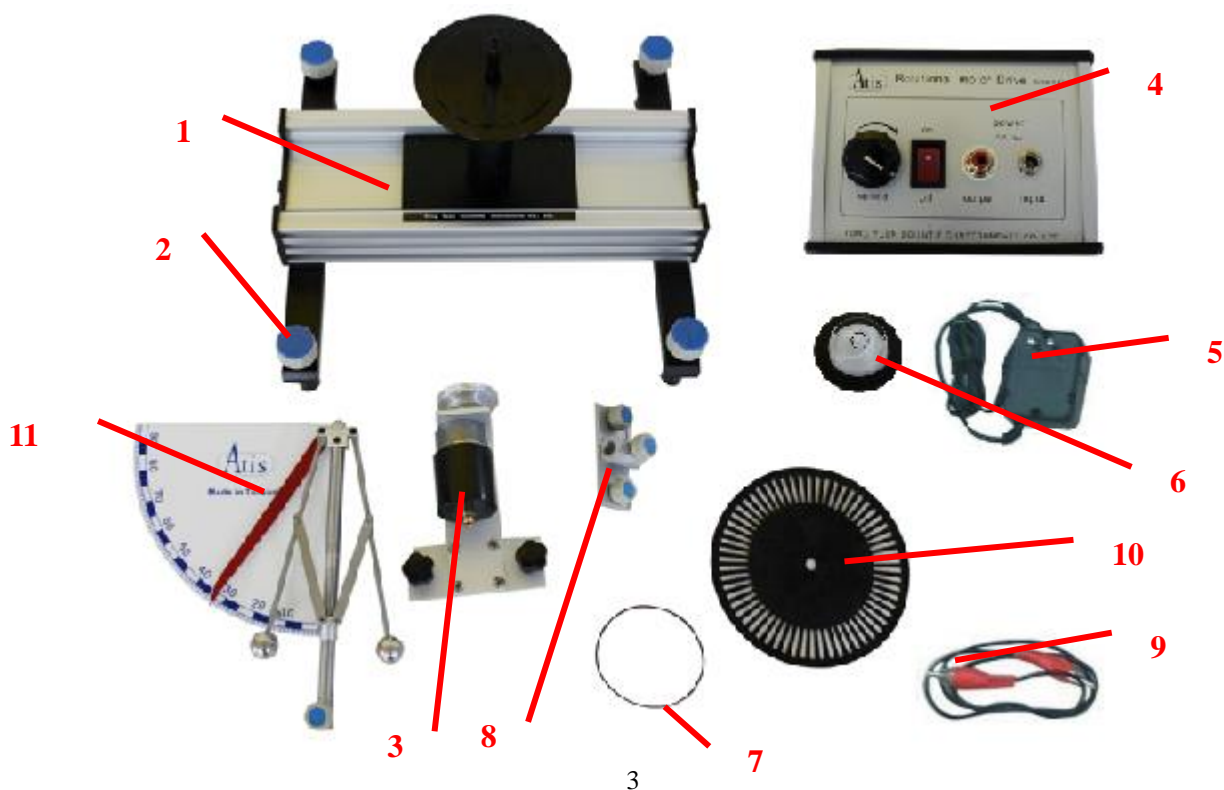
先把公式(4)帶入公式(3)再與公式(5)合併，得張角關係式：

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{g}{\omega^2 L} \right) \quad (6)$$

## 二、實驗儀器

重球式離心力實驗儀器列表					
編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	圓周運動實驗平台	1	2	兩點調整腳	2
3	直流轉動馬達	1	4	轉速調節器	1
5	DC 電源供應器	1	6	水平儀	1
7	帶動皮帶	1	8	可移動接頭	1
9	連接導線	1	10	格柵(60 格)	1
11	重球張角架	1			

重球式離心力實驗儀器列圖



#### 四、實驗組裝



圖(1-2) 重球式離心力實驗組裝圖

1. 將旋轉實驗平台接上兩點調整腳，並鎖上實驗螺絲固定平台。
2. 拆開平台側邊蓋，裝上可移動接頭和變速馬達，再裝回側邊蓋。
3. 將帶動皮帶套到實驗平台上的旋轉盤下方溝槽以及馬達溝槽，帶動皮帶會是呈水平狀態，再裝上格柵(60 格)至底，小心勿折損到。
4. 裝上重球張角架垂直軸底部有鎖螺絲孔，對準防呆凹溝裝至底，並鎖上實驗螺絲。
5. 在另一邊可移動接頭上裝上光電閘感應器，並接上攝取器連接導線至數位擷取器。

附註：數位攝取器與光電閘感應器附件，不包含在此系統化離心力實驗箱中的儀器附件，需另外洽詢，建議您搭配使用以利操作實驗。

6. 直流轉動馬達接上連接導線至轉速調節器，以及接上 DC 電源供應器。實驗裝置參考上圖(1-2)。

注意：

1. 帶動皮帶鬆緊會影響啟動轉速時的瞬間，請適當移動可移動接頭，適當調整帶動皮帶，請勿強拉緊皮帶。

2. 實驗旋轉中，小心避免碰撞週遭物體，請勿強制以外力使其減緩或停擺轉速。

## 五、實驗方法

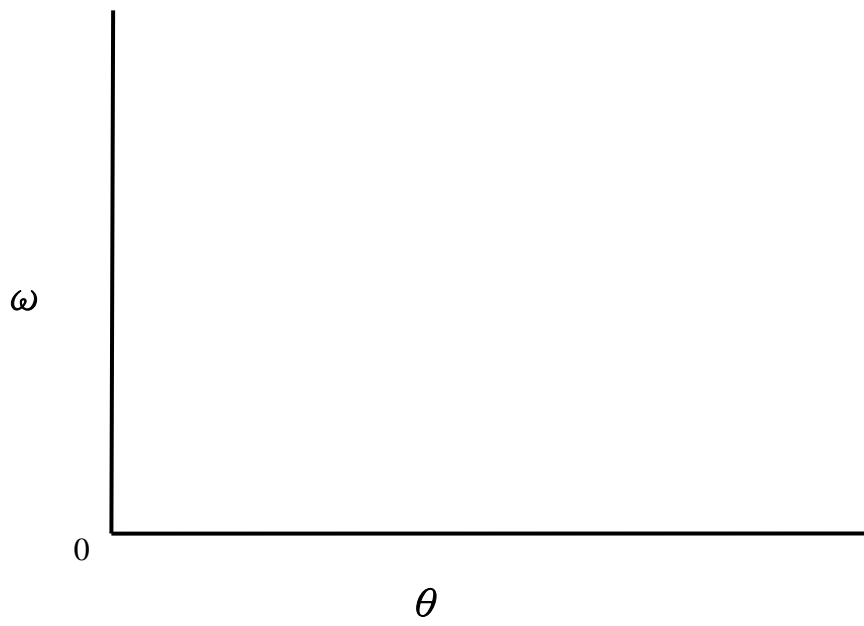
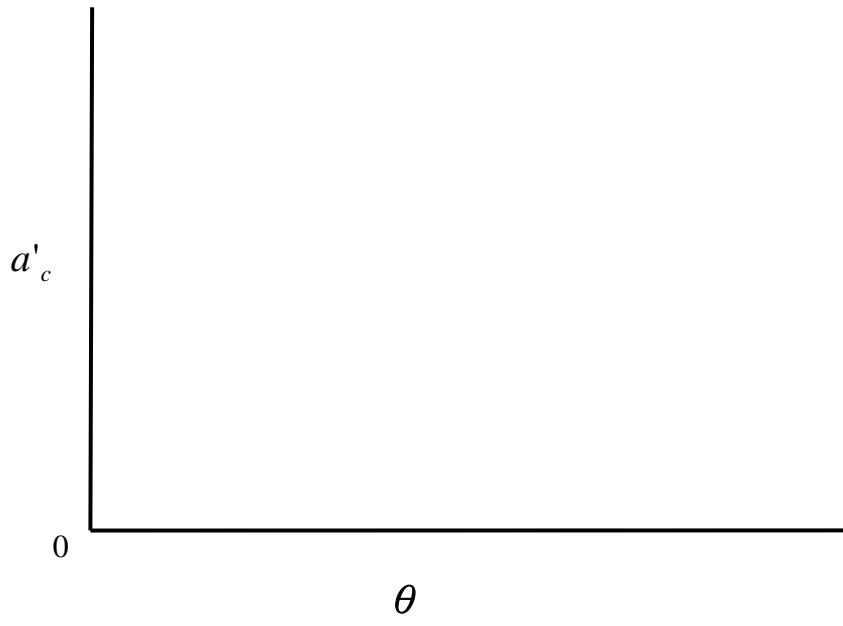
1. 實驗裝置如上圖(1-2)，啟動轉速調整器運轉馬達約 2~5 分鐘，並觀察轉動中是否順暢，否則關閉轉速調整器自行調整。

2. 根據實驗數據紀錄表，分別紀錄下在轉速  $2.6\sim 3.6 \pi \text{ rad/s}$  中，六個不同轉速的實驗數據值，依照轉速觀測張角，並計算實驗誤差。

3. 根據紀錄表繪出轉速  $\omega$ 、 $a'_c$  與實驗張角  $\theta$  之關係圖。

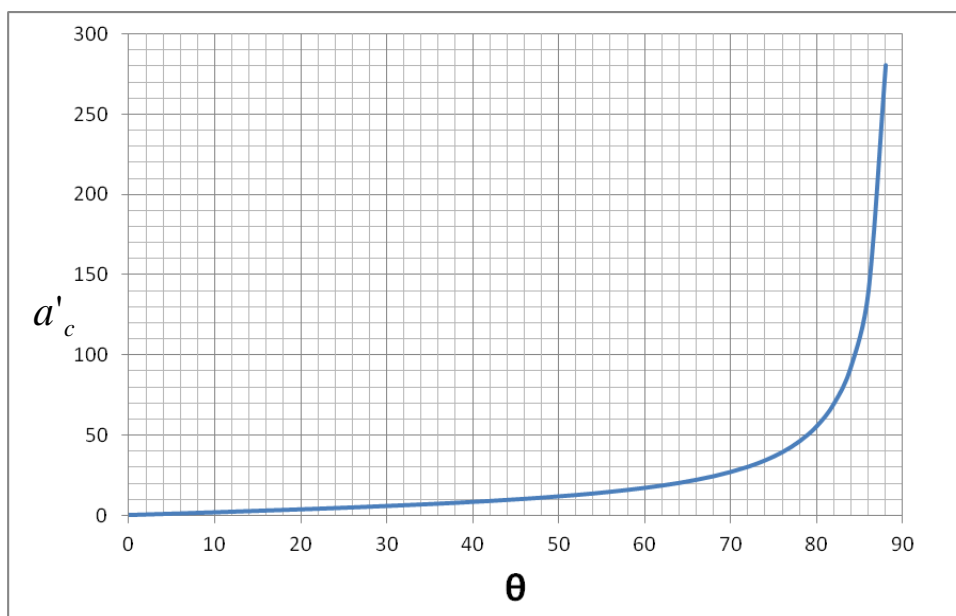
## 六、實驗數據與分析

實驗數據紀錄表						
重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ ( $m/s^2$ )						
擺長 $L = \underline{\hspace{2cm}}$ (m)						
軸心 轉速 $\omega$	$\omega^2$	r	離心 加速度 $a'_c$	實驗 張角 $\theta$	計算 張角 $\theta$	實驗誤差%

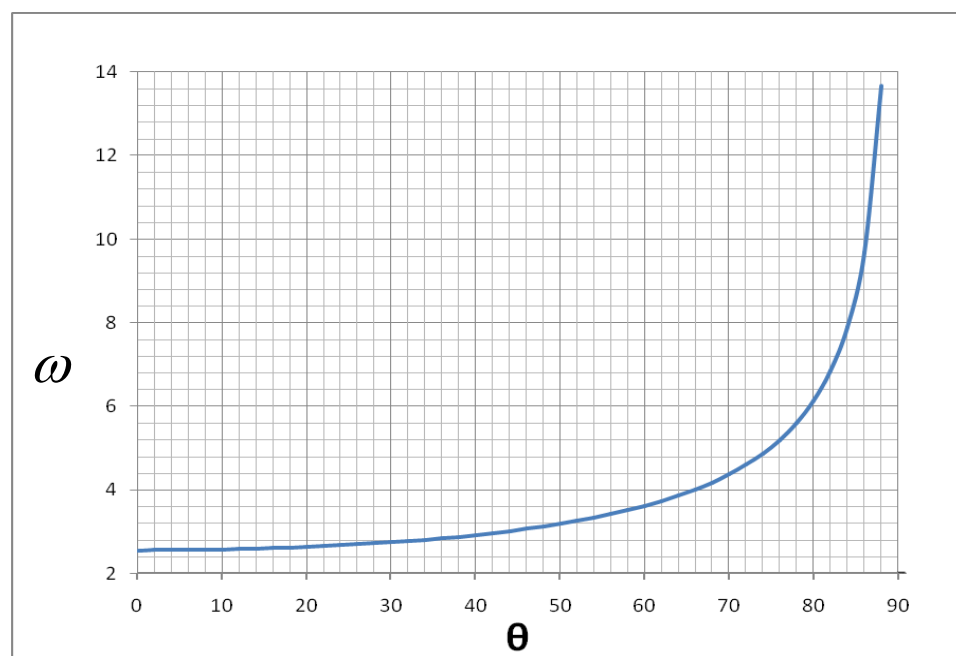


## 七、實驗問題與討論

1. 試問張角和軸心角速度以及離心力之關係為何？



離心加速度-張角關係圖



轉速-張角關係圖

2. 試討論若增長擺長，其影響結果為何。

3. 當改變重球的質量，是否會影響張角角度？

# 實驗二、橫式離心力實驗

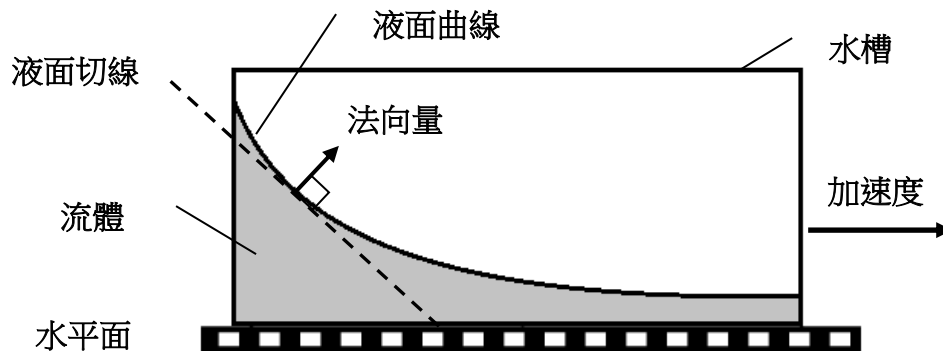
## 一、實驗目的

離心力水槽以中心自轉時，其水槽內液體表面曲率與轉動角速度、液體密度以及離心力之間的關係。利用轉速來驗證液面曲線方程式：

$$y = \frac{\omega^2}{2g} r^2$$

## 二、實驗原理

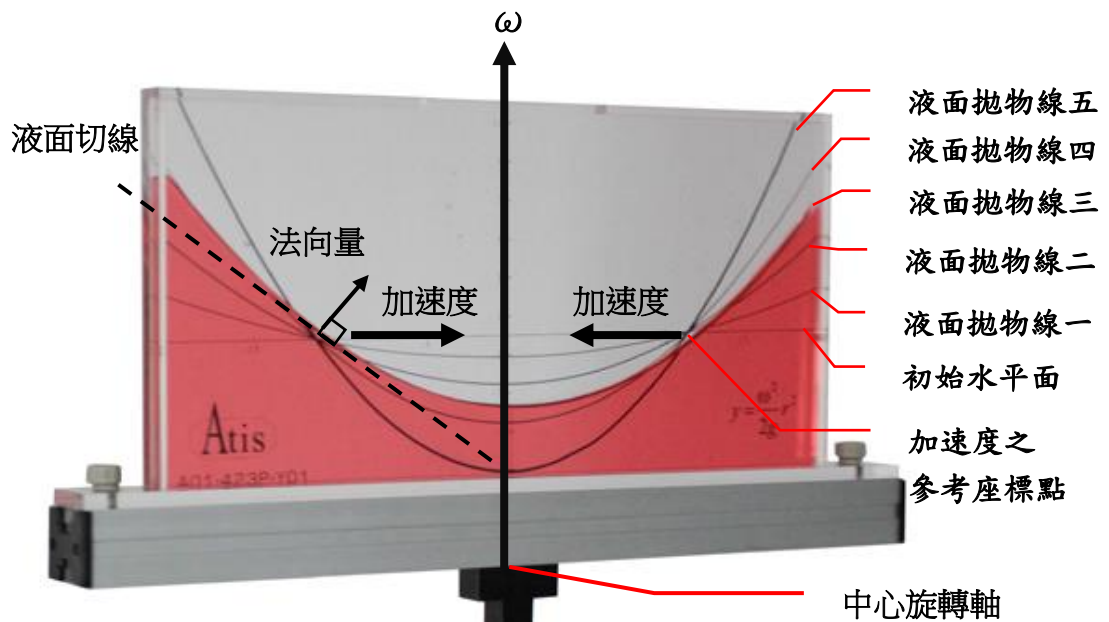
在探討本實驗離心力水槽前，應先了解水槽內流體的運動概念，在旋轉運動時的加速度方向，我們可以利用水槽在一水平面上，做橫向加速度運動，如下圖(2-1)表示，可以得知水槽中的液體表面之切線面受到一壓力，而其所指的法向量即為加速度方向。



圖(2-1) 流體線性加速度圖

當水槽以中心自轉時，可以在實驗中觀察出，水槽內的流體液面會呈現拋物型線性，如下圖(2-2)表示，





圖(2-2) 離心力水槽旋轉圖

其液體表面切線之法向量是指向中心旋轉軸，表示離心力水槽在做旋轉運動時，水槽內向心加速度方向是指向中心軸，而離心力方向則為反方向。液體曲面之線性關係，請參閱物理學課本試推導。

若以離心力水槽上的座標表示其液面曲線方程式，y 軸座標隨  $\omega$  變化需加上一 k 值，如下公式

$$y + k = \frac{\omega^2}{2g} r^2$$

其中 y 表示液面垂直座標； $\omega$  表示垂直軸心轉速；g 為重力加速度；r 代表液面旋轉半徑。

注意，在此實驗中所討論的方程式是液面曲線方程式。