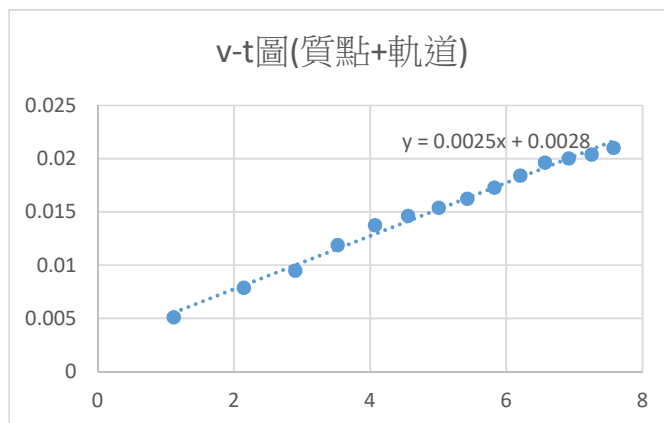


## 六、實驗數據與分析

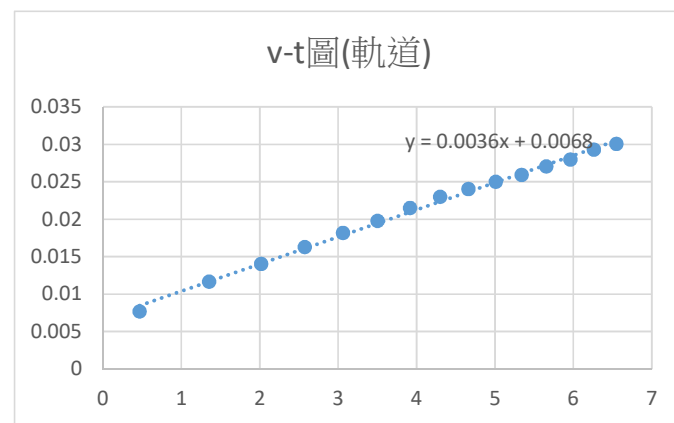
Part1 : 質點式剛體之轉動慣量

動摩擦力(N)	0.06174
細線張力	0.961478

軌道+質點	
r1(cm)	2.65
r2(cm)	0.9
a1	0.0025
I(全)	0.029144



軌道	
r1(cm)	2.65
r2(cm)	0.9
a1	0.0036
I(軌)	0.020236



M(kg)	R(質點半徑)(m)	I <sub>軌</sub>	I <sub>全</sub>	I <sub>點</sub>
0.27805	0.2	0.0202362	0.029144	0.008907

I <sub>理論值</sub>	I <sub>實驗值</sub>	誤差
0.011122	0.008907	-19.91%

$$I_{\text{點}} = I_{\text{全}} - I_{\text{裝置}} = 0.029144 - 0.0202362 = 0.008907$$

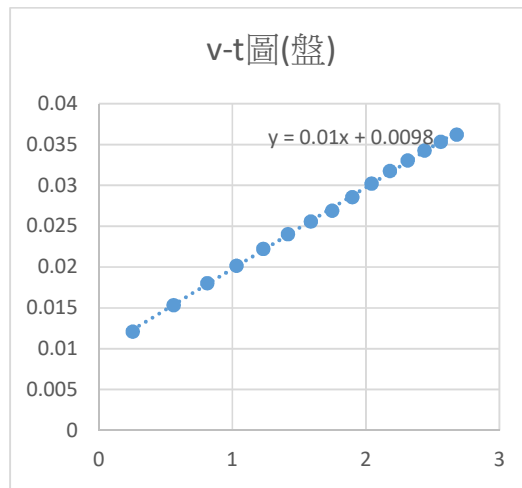
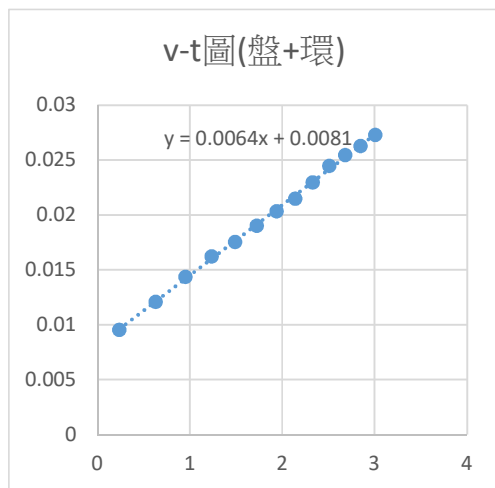
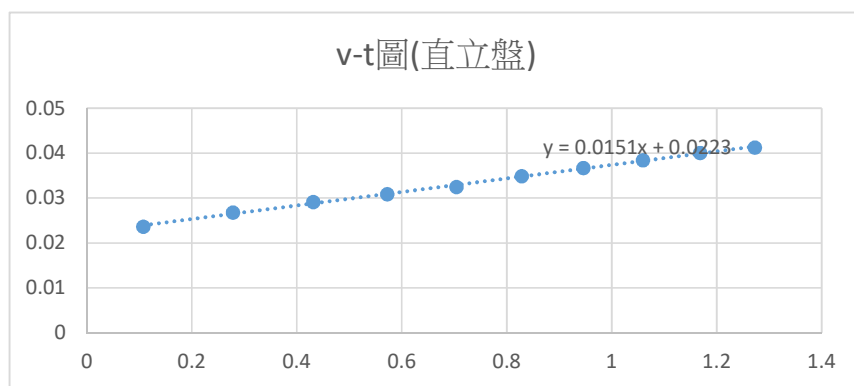
$$I_{\text{理論}} = MR^2 = 0.27805 \times 0.2 \times 0.2 = 0.011122$$

$$\text{誤差} = (I_{\text{點}} - I_{\text{理論}}) / I_{\text{理論}} \times 100\% = \frac{0.008907 - 0.011122}{0.011122} \times 100\% = -19.91\%$$

Part2 : 盤與環的轉動慣量

I 盤+環	$I_{\text{盤}} + I_{\text{環}}$	0.014717
I 盤	$\frac{1}{2} M_{\text{盤}} R_{\text{盤}}^2$	0.00966
I 環	$\frac{1}{2} [M_{\text{盤}} R_{\text{盤}}^2 + M_{\text{環}} (R_{\text{外}}^2 + R_{\text{內}}^2)]$	0.005057

實驗值	M(kg)	旋轉半徑(m)		a1	I	f <sub>k</sub> (g)	誤差
盤	1.4608	0.115		0.01	0.007343	5.5	-0.23986
環	1.4164	R <sub>外</sub>	0.065	X	0.003776	X	-0.2533
		R <sub>內</sub>	0.054				
直立	1.4608	0.115		0.0151	0.004862	5.5	X
盤+環	2.8772	X		0.0064	0.011119	8.4	-0.24448



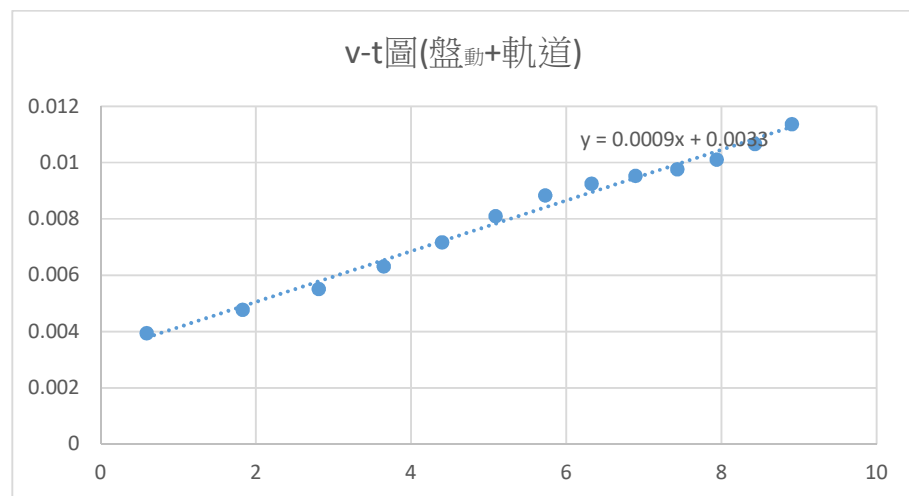
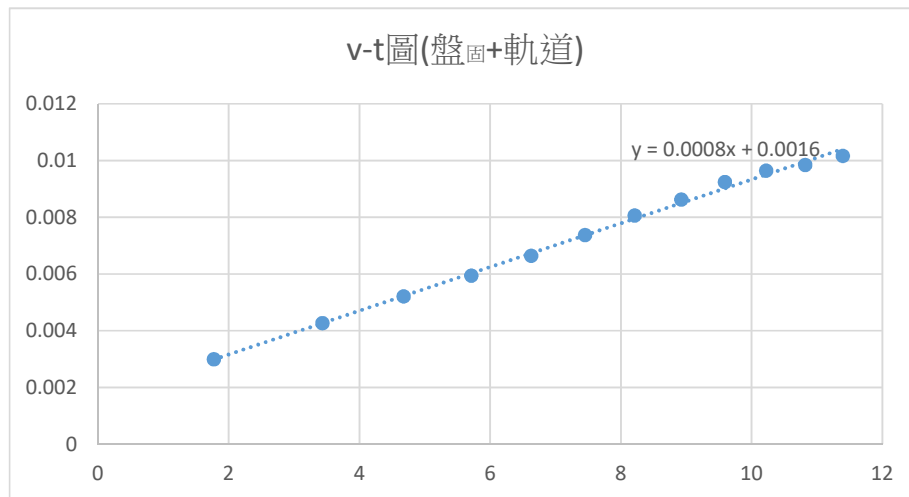
$$\text{誤差(盤)} = (I_{\text{盤}} - I_{\text{理論}}) / I_{\text{理論}} * 100\% = \frac{0.007343 - 0.00966}{0.00966} * 100\% = -23.99\%$$

$$\text{誤差(環)} = (I_{\text{環}} - I_{\text{理論}}) / I_{\text{理論}} * 100\% = \frac{0.003776 - 0.5057}{0.5057} * 100\% = -25.33\%$$

$$\text{誤差(盤+環)} = (I_{\text{盤+環}} - I_{\text{理論}}) / I_{\text{理論}} * 100\% = \frac{0.011119 - 0.014717}{0.014717} * 100\% = -24.48\%$$

Part3 : 盤偏離軸心的轉動慣量

實驗值	盤固+軌	軌道	盤動+軌
f 摩擦力)	0.098784	0.043218	0.098784
mg	0.961478	961.478	0.961478
a1	0.0008	0.005327	0.0009
r2	0.009	0.009	0.009
I(轉動慣量)	0.08734	0.013956	0.077635



	I <sub>固</sub>	I <sub>free</sub>
理論值	0.082048	0.072388
實驗值	0.073384	0.063679
誤差	-0.1055	-0.1203

實驗值：

$$I_{\text{固}} = I_{\text{固+軌}} - I_{\text{軌}} = 0.08734 - 0.013956 = 0.073384(\text{kg} \cdot \text{m}^2)。$$

理論值：

$$I_{\text{固}} = I_{CM} + M_{\text{盤}} R^2 = 0.082048(\text{kg} \cdot \text{m}^2)。$$

$$\text{誤差} = \frac{0.073384 - 0.082048}{0.082048} * 100\% \approx -10.55\%。$$

$$\text{實驗}I_{\text{動}} = \text{實驗}I_{\text{動+軌}} - \text{實驗}I_{\text{軌}} = 0.077635 - 0.013956 = 0.063679(\text{kg} \cdot \text{m}^2)。$$

$$\text{理論}I_{\text{動}} = M_{\text{盤}} R^2 = 0.072388(\text{kg} \cdot \text{m}^2)。$$

$$\text{誤差} = \frac{0.063679 - 0.072388}{0.072388} * 100\% = 12.03\%。$$

Part4 : 角動量守恆

	質量(kg)	半徑(m)	
環	1.4164	內徑	0.054
		外徑	0.065
盤	1.4608	0.115	
初角速度(rad/s)		5.463639	
理論末角速度(rad/s)		3.586123	
實驗末角速度(rad/s)		3.653014	
誤差%		1.9%	

$$\text{理論}\omega_f = \frac{L_i}{I_f} = \frac{I_i \omega_i}{I_f} \approx 3.5861(\text{rad/s})。$$

$$\text{實驗}\omega_f \approx 3.6530(\text{rad/s})。$$

$$\text{誤差} = \frac{3.6530 - 3.5861}{3.5861} * 100\% \approx 1.9\%。$$

## 七、 結果與討論

一、計算實驗轉動慣量：

$$\text{向下加速 } ma_t = mg(\text{砝碼}) - T(\text{繩張力}) \Rightarrow T = ma_t - mg$$

$$\text{力矩 } \tau = (T - f_k(\text{摩擦力}))r = I\alpha \Rightarrow I = \frac{T - f_k}{\alpha} r$$

$$\text{角加速度 } \alpha = \frac{a_t}{r}$$

$$\text{經由上述式子可得 } \Rightarrow I = \frac{ma_t - mg - f_k}{a_t} r^2。$$

二、誤差來源：

1. 光電閘測量出的  $v$  值並不是在細線纏繞的轉軸上的切線速度，若繩線不是完全切齊轉軸， $a_t$  的值便會相差甚遠，造成誤差偏大。
2. 纏繞轉動繫繩時，造成不必要的打結使轉動時產生多餘的摩擦力，造成實驗誤差、以及細線彼此間的摩擦力會隨著纏繞圈數有所不同。
3. Part2 實驗中的  $I_{\text{環}} = I_{\text{盤+軌道}} - I_{\text{軌道}}$ ，因為在測量時都會有誤差，在相減的時候可能又造成多餘的誤差；Part4 中  $I_{\text{固}} = I_{\text{固+軌}} - I_{\text{軌}}$  以及  $I_{\text{動}} = I_{\text{動+軌}} - I_{\text{軌}}$  亦同。
4. 光電閘、游標尺、電子天平、實驗儀器(ex:圓盤、圓環、軌道)本身質量就不均勻等的設備系統誤差、人為判斷數值的誤差以及忽略空氣阻力的誤差等。

## 八、 問題與討論

Part 1：

為什麼調水平時，要在轉動平台鎖定一方塊剛體？

Ans：若先調整至水平再放置剛體，使得原本已經調整好的水平又往剛體那一邊傾斜，產生誤差。

Part 4：

1. 實驗得到的角速度數據是否與理論值相符？

Ans：誤差比其他 part 小但仍不完全符合理論值。

2. 碰撞過程中喪失多少百分比的轉動動能？計算之。

Ans：

$$\text{轉動動能} = \frac{1}{2} * I * \omega^2。$$

$$\text{初轉動動能} = \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{2} * 1.4608 * 0.115^2 \right) * 5.463639^2 \approx 0.14418(J)$$

末轉動動能 $=\frac{1}{2} * \{\frac{1}{2} * [1.4608 * 0.115^2 + 1.4164 * (0.065^2 - 0.054^2)]\} * 3.653015^2 \approx 0.07064 J$ 。

損失的動能  $= \frac{0.14418 - 0.07064}{0.757} * 100\% \approx 50.18\%$ 。

## 九、心得

這次的實驗比較複雜，誤差也不小，猜測是因為這次的實驗數據要做比較多步驟的轉換才能得到想要的數據，原本一直用角加速度來求誤差，誤差非常大，讓我一直重複計算才想到這個問題，果然做實驗容易忽略一些問題，但相對的也有助於釐清問題。

## 十、參考資料

清大普物實驗室 <http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/exp005.html>