

# 嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：64

科 別：物理

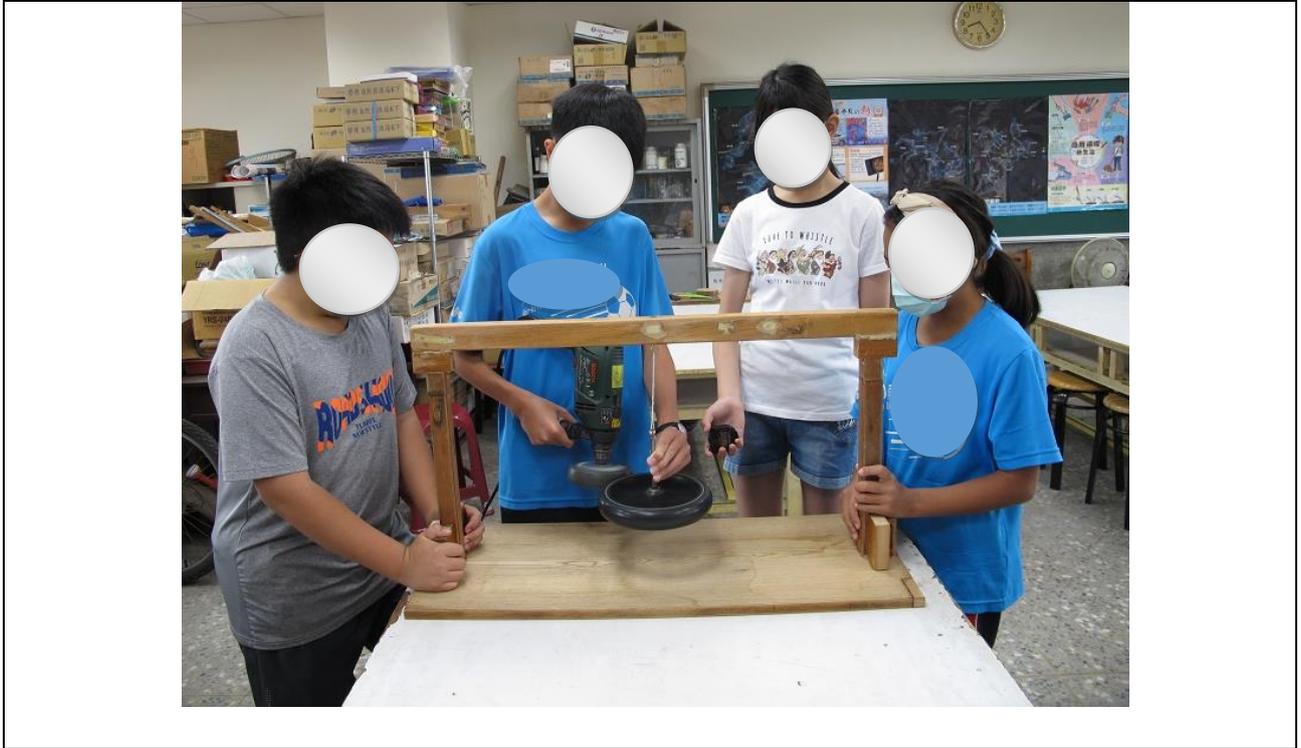
組 別：國小組

作品名稱：懸吊陀螺旋轉時間之探討

關 鍵 詞：陀螺轉軸偏移 懸吊陀螺 陀螺旋轉時間

編 號：A117

# 嘉義縣第 64 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書



科別：物理科(國小自然)

組別：國小組

作品名稱：懸吊陀螺旋轉時間之探討

關鍵詞：擺盪陀螺、陀螺轉軸偏移、陀螺旋轉時間

編號：

# 懸吊陀螺旋轉時間之探討

## 摘 要

我們主要想探究影響懸吊陀螺旋轉時間的因素有哪些?我們自行組裝一個懸吊陀螺固定器，把陀螺放在固定器上。再把摩擦輪鎖在手提電鑽的夾頭上，透過可以穩定控制轉速的電鑽來帶動摩擦輪所接觸的懸吊陀螺，讓陀螺也跟著一起轉動。用這樣的器具來探討操作變因影響陀螺旋轉時間的情形。最後，也探討改變懸吊陀螺轉動的方向，是否會影響陀螺轉軸的「進動」的方向？

依照實驗結果發現：

1. 摩擦輪轉動速度越快，陀螺旋轉時間就越長。
2. 懸吊陀螺輪邊的重量慢慢增加，陀螺旋轉時間就越長。
3. 懸吊陀螺轉軸的重量慢慢增加，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
4. 懸吊陀螺與摩擦輪接觸的時間越長，陀螺旋轉的時間就越長。
5. 懸吊陀螺的盘面至掛鈎的長度慢慢減少，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
6. 懸吊陀螺轉軸偏移角度慢慢增加，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
7. 懸吊陀螺擺盪的角度慢慢增加，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
8. 懸吊陀螺轉動的方向改變，陀螺轉軸「進動」的方向也會跟著改變，而陀螺旋轉的時間幾乎都相同。

## 壹、研究動機

我們看過探討陀螺旋轉的科展作品，一般都是把陀螺放在桌面或地面上來看它轉動的情形。試想如果把陀螺懸吊起來它的轉動會如何呢？所以我們自行組裝一個懸吊陀螺固定器，把陀螺放在固定器上。再把摩擦輪鎖在手提電鑽的夾頭上，透過可以穩定控制轉速的電鑽來帶動摩擦輪所接觸的懸吊陀螺，讓陀螺也跟著一起轉動。用這樣的器具來探討操作變因影響陀螺旋轉時間的情形。最後，也探討改變懸吊陀螺轉動的方向，是否會影響陀螺轉軸的「進動」的方向？

## 貳、研究目的與研究問題

### 一、研究目的

- 1.了解影響懸吊陀螺旋轉時間的因素。
- 2.找出讓懸吊陀螺旋轉時間較長的條件。
- 3.找出陀螺轉軸調整呈現水平狀態時，改變懸吊陀螺轉動的方向，陀螺轉軸的「進動」方向會如何？

### 二、研究問題

針對研究目的，我們做了以下幾個問題的探討：

- 1.探討「改變摩擦輪轉動速度」對陀螺旋轉時間的影響。
- 2.探討「改變懸吊陀螺輪胎邊的重量」對陀螺旋轉時間的影響。
- 3.探討「改變懸吊陀螺轉軸的重量」對陀螺旋轉時間的影響。
- 4.探討「改變懸吊陀螺與摩擦輪的接觸時間」對陀螺旋轉時間的影響。
- 5.探討「改變懸吊陀螺盤面至掛鉤的長度」對陀螺旋轉時間的影響。
- 6.探討「改變懸吊陀螺轉軸偏移角度」對陀螺旋轉時間的影響。
- 7.探討「改變懸吊陀螺擺盪的角度」對陀螺旋轉時間的影響。
- 8.探討「改變懸吊陀螺轉動方向」對陀螺轉軸「進動」的方向及旋轉時間的影響。

## 參、研究設備、器材及操作程序

### 一、使用的設備和器材

- 1.滑板車輪 (重量 550 公克、直徑 20 公分、軸孔徑 0.8 公分) 1 個。  
車輪軸心(重量 70 公克、直徑 0.8 公分、軸長度 18 公分) 1 支。
- 2.摩擦輪(重量 355 公克、直徑 12.5 公分、輪厚度 3.2 公分) 1 個。
- 3.操作環境：自然教室實驗桌。
- 4.其他器材：可變速電鑽、鑽頭、計時碼錶、水平儀、紙、筆、AB 膠、游標卡尺、砂紙、磅秤、鋼尺、老虎鉗、木材、手弓鋸、鋸子、C 型夾。
- 5.懸吊陀螺固定器 (自製)  
如下圖所示。



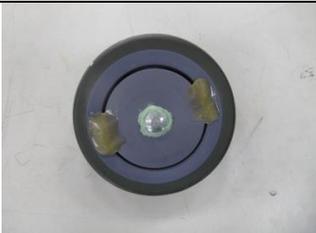
懸吊陀螺固定器 (註 1)



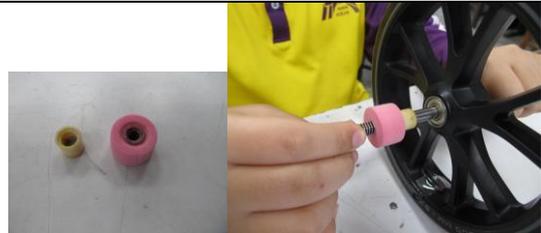
實驗用陀螺(滑板車輪)



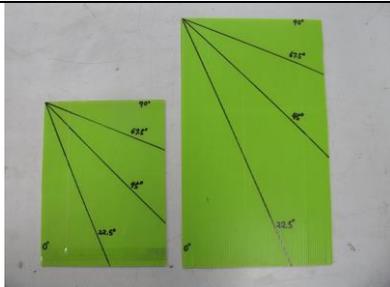
陀螺轉軸 (取自電風扇馬達軸心)



摩擦輪(可帶動陀螺轉動)



陀螺盤面高度調整器



陀螺轉軸偏移角度參考模板



游標卡尺

	
<p>電鑽+摩擦輪</p>	<p>可調整電鑽轉速之轉盤</p>
	
<p>鋼尺</p>	<p>陀螺軸心加重塊(取自電風扇馬達轉子)</p>

## 二、操作程序



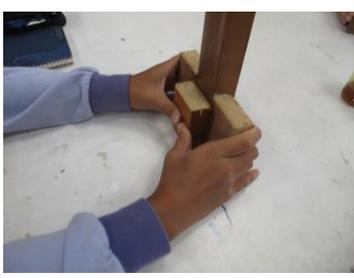
懸吊陀螺固定器（上圖）及其操作過程說明（下圖 1---8）

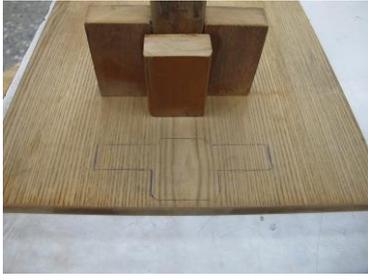
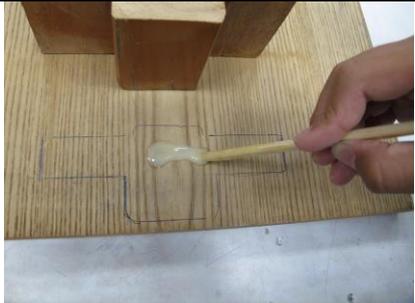
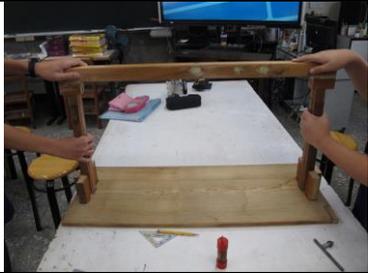
	
<p>1.用棉線綁住陀螺懸掛於陀螺固定器上。</p>	<p>2.手拿電鑽帶動摩擦輪讓陀螺轉動。</p>

	
<p>3 控制兩輪接觸時間約 10 秒鐘以上。</p>	<p>4.陀螺達到等速度旋轉時，準備計時。</p>
	
<p>5. 左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。</p>	<p>6. 當陀螺停止轉動就結束計時。</p>

## 肆、研究過程與結果

懸吊陀螺固定器和陀螺製作過程：

懸吊陀螺固定器製作過程		
		
<p>準備材料(木材回收)</p>	<p>木頭上畫線</p>	<p>鋸斷木頭</p>
		
<p>用砂紙磨平木塊</p>	<p>增加支架底座的接觸面積</p>	<p>用 AB 膠黏貼接合</p>

		
底座畫線標示黏貼位置	塗上 AB 膠	支架與底座黏合
		
橫桿與支架黏合	鑽孔{鎖上掛勾用}	鎖上掛勾{懸吊陀螺用}
		
完成懸吊陀螺固定器	摩擦輪黏上 AB 膠固定輪軸	摩擦輪鎖在電鑽夾頭上
<b>陀螺製作過程：</b>		
		
打開報廢電風扇前蓋	取出後蓋的塑膠螺絲	拆除電風扇後蓋
		
拆除螺絲	取下風扇前後蓋支持座	拆除螺絲
		

取出電風扇的轉軸和轉子	轉軸和轉子	分離轉軸和轉子
		
陀螺軸心	軸心插入陀螺	檢視桌面水平
		
陀螺配重增加旋轉穩定性	校正陀螺平衡	陀螺盤面高度調整器
		
棉線綁住陀螺轉軸	完成陀螺懸吊在固定器上	

### 研究一、探討「改變摩擦輪轉動速度」對陀螺旋轉時間的影響。

一、方法：利用調整電鑽轉速來改變摩擦輪轉動速度，看它對懸吊螺旋轉時間的影響，轉速較快的摩擦輪會不會讓陀螺轉得更持久？

二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	1.用同一個陀螺 (重量 550 公克、直徑 20 公分、軸孔徑 0.8 公分) 2.用同一懸吊陀螺固定器，讓陀螺順時針方向轉動 3.用相同軸心、摩擦輪(直徑 12.5 公分)、碼錶 4.陀螺盤面至掛鉤的距離為 24 公分(轉軸長+棉線長共 24 公分)
操縱變因	電鑽轉速分別調至 4、5、6、7、8 的位置操作陀螺轉動{如下圖 2 所示，調到 1 的位置轉速最慢；調到 9 的位置轉速最快}

三、操作過程及記錄：

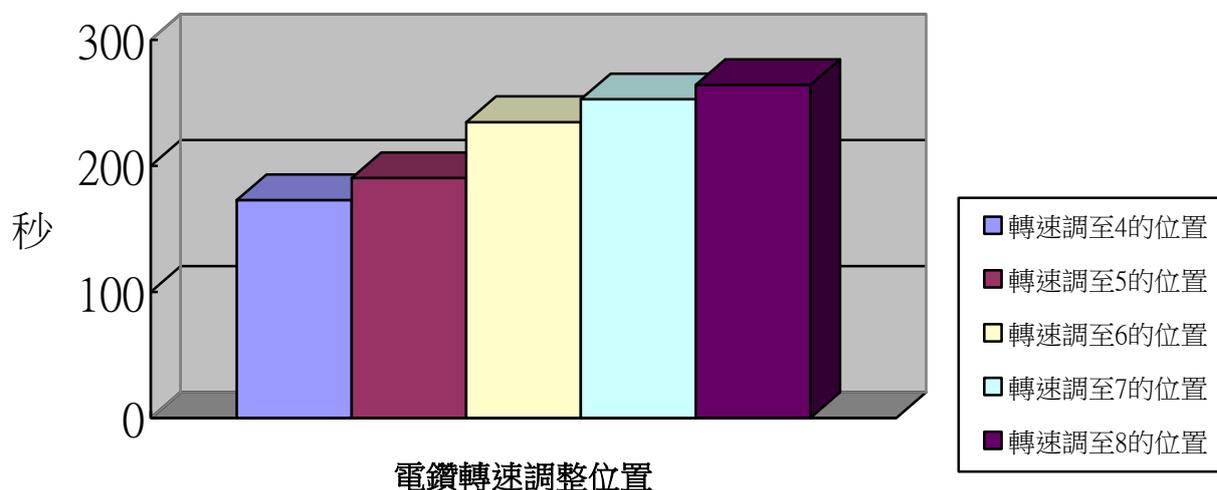
- 1.將陀螺掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 4 的位置。
- 2.左手握住陀螺轉軸，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。
- 3.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 4.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 5.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 6.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 7.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 8.在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整電鑽轉速分別調至 5、6、7、8 的位置操作陀螺轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。

	
1. 改變電鑽轉速操作陀螺轉動	2. 電鑽轉速調至 4 的位置操作
	
3. 電鑽轉速調至 5 的位置操作	4. 電鑽轉速調至 6 的位置操作
	
5. 電鑽轉速調至 7 的位置操作	6. 電鑽轉速調至 8 的位置操作

旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

手提電鑽調整轉速	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
轉速調至 4 的位置	173.41	174.51	172.56	170.39	173.21	172.82
轉速調至 5 的位置	180.03	181.06	194.25	197.28	198.62	190.25
轉速調至 6 的位置	235.03	233.60	234.44	237.41	232.90	234.68
轉速調至 7 的位置	251.84	250.75	253.43	255.38	252.91	252.86
轉速調至 8 的位置	263.59	264.71	265.07	262.98	264.35	264.14

電鑽轉速快慢與陀螺旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

- 實驗結果：發現轉速調至 4 的位置，電鑽轉速最慢，陀螺的轉動時間最短；轉速調至 8 的位置，電鑽轉速最快，陀螺的轉動時間最長，電鑽轉速越快帶動摩擦輪轉動也越快，會使陀螺轉動時間越長。
- 我們的想法：因為電鑽轉速變慢時，摩擦輪轉速就慢，帶動陀螺的轉速就會變慢，讓陀螺的轉動時間變少；電鑽轉速變快時，摩擦輪轉速就快，帶動陀螺的轉速就會變快，讓陀螺的轉動時間變多。

## 研究二、探討「改變懸吊陀螺輪胎邊的重量」對陀螺旋轉時間的影響。

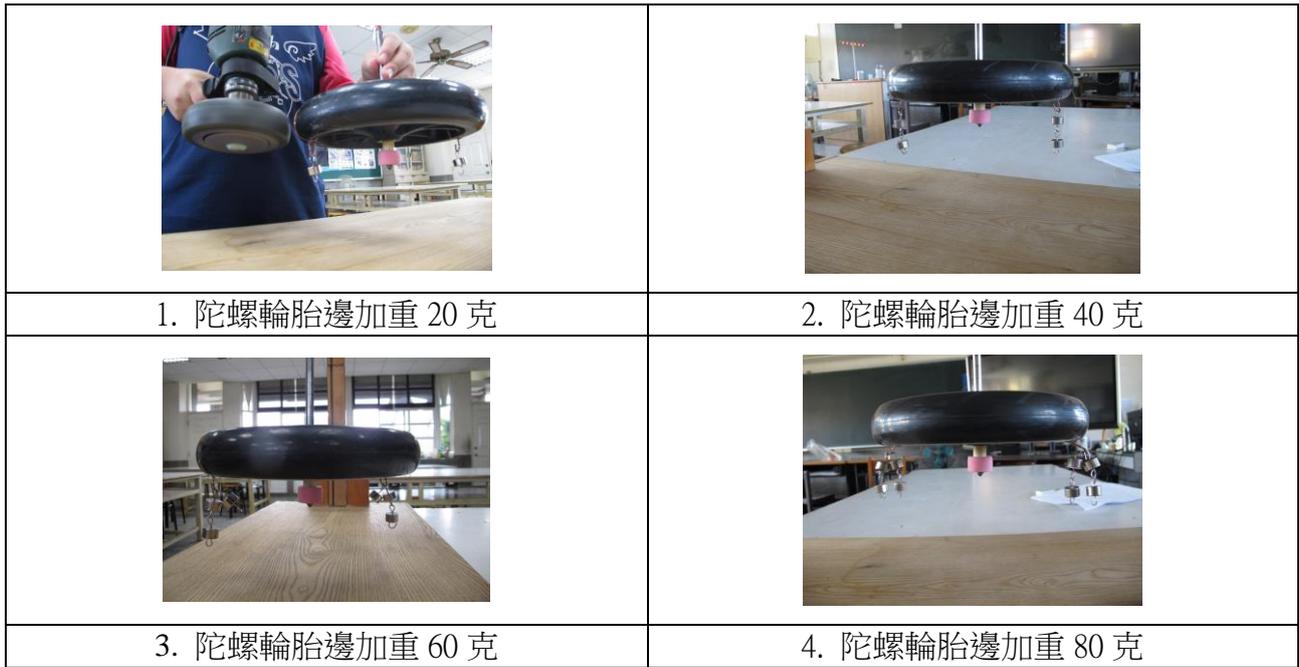
一、方法：操作相同懸吊陀螺，觀察陀螺輪胎邊的重量會不會影響陀螺的旋轉時間？

二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	1.用同一個陀螺（重量 550 公克、直徑 20 公分、軸孔徑 0.8 公分） 2.用同一懸吊陀螺固定器，讓陀螺順時針方向轉動 3.用相同軸心、摩擦輪(直徑 12.5 公分)、碼錶 4.陀螺盤面至掛鉤的距離為 24 公分(軸心長+棉線長共 24 公分) 5.電鑽轉速調至 5 的位置
操縱變因	陀螺輪胎邊在對稱的位置，放置砝碼分別加重 20 克、40 克、60 克、80 克 操作陀螺轉動

三、操作過程及記錄：

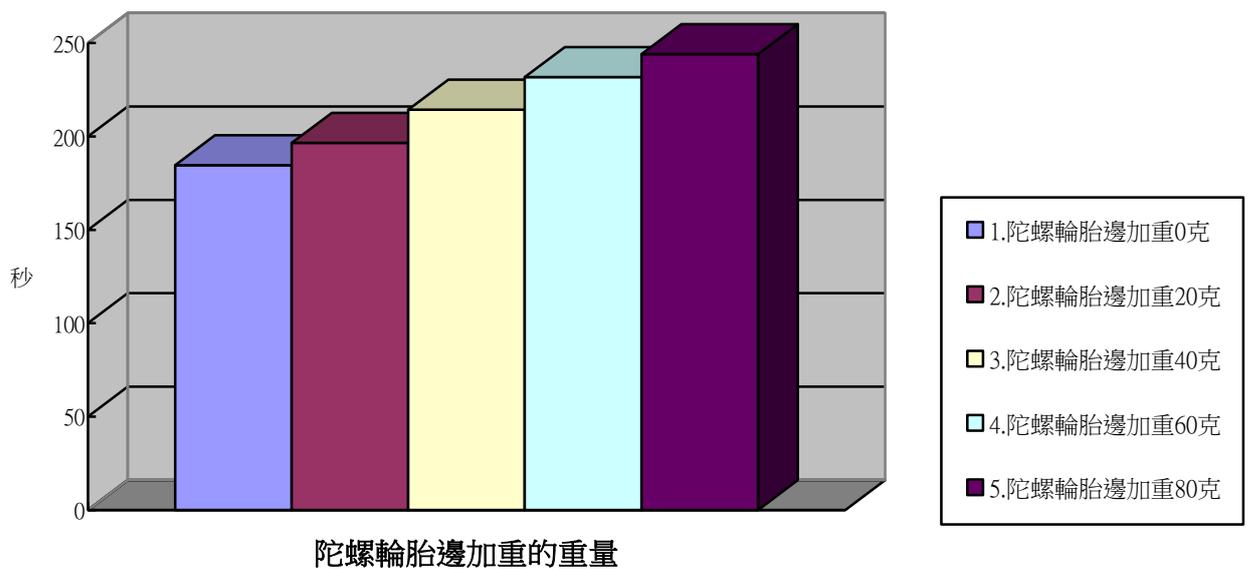
- 1.把陀螺輪胎邊在對稱的位置，總共放置砝碼重 20 克來操作陀螺轉動。
- 2.將陀螺掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 5 的位置。
- 3.左手握住陀螺轉軸，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。
- 4.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 5.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 6.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 7.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 8.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 9 在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整陀螺輪胎邊在對稱的位置放置砝碼，分別加重 40 克、60 克、80 克操作陀螺轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。



旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

狀況	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
1.輪胎邊加重 0 克	182.03	181.06	186.26	187.42	186.18	184.59
2.輪胎邊加重 20 克	198.86	195.12	196.38	195.47	197.09	196.58
3.輪胎邊加重 40 克	213.34	216.34	215.87	212.95	213.61	214.42
4.輪胎邊加重 60 克	230.14	233.04	229.95	234.08	232.17	231.88
5.輪胎邊加重 80 克	244.50	240.13	245.62	243.68	246.72	244.13

加重陀螺輪胎邊重量與陀螺旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

1.實驗結果發現：陀螺輪胎邊加重 0 克重時，陀螺旋轉時間最短；陀螺輪胎邊加重 80 克重時，陀螺旋轉時間最長，陀螺輪邊的重量增加越多陀螺轉動時間越長。

2.我們的想法：觀察陀螺輪邊的重量增加，陀螺輪邊的質量相對也會增加，陀螺轉動的慣性變大，當陀螺到達相同轉速時，質量較大的陀螺就必須花較多的時間才能停下來，因此陀螺旋轉的秒數會比較多。

#### 研究三、探討「改變懸吊陀螺轉軸的重量」對陀螺旋轉時間的影響。

一、方法：操作同一個懸吊陀螺，增加陀螺轉軸的轉子數量，觀察陀螺旋轉的時間。

二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	與研究二的控制變因相同
操縱變因	陀螺轉軸分別加重 1 顆、2 顆、3 顆、4 顆的轉子，操作陀螺轉動。

三、操作過程及記錄：

- 1.將陀螺轉軸加重 0 顆轉子掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 5 的位置。
- 2.左手握住陀螺轉軸，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。
- 3.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 4.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 5.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 6.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 7.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 8.在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整陀螺轉軸分別加重 1 顆、2 顆、3 顆、4 顆的轉子操作陀螺轉動，操作 5 次並算出陀螺旋轉的平均秒數。

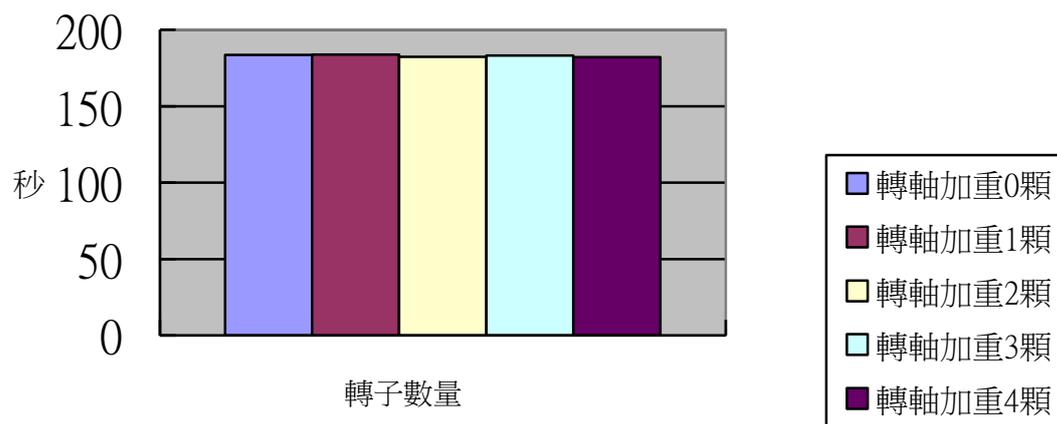
	
1. 操作轉軸加重 0 顆轉子	2. 操作轉軸加重 1 顆轉子

	
3. 操作轉軸加重 2 顆轉子	4. 操作轉軸加重 3 顆轉子
	
5. 操作轉軸加重 4 顆轉子	6. 調整轉軸加重 3 顆轉子

旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

轉軸加重	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
加重 0 顆轉子	181.03	182.06	186.26	182.42	186.18	183.59
加重 1 顆轉子	184.08	184.66	179.92	185.33	185.04	183.81
加重 2 顆轉子	181.36	180.68	181.38	183.44	184.76	182.32
加重 3 顆轉子	179.32	189.33	185.61	182.07	178.98	183.06
加重 4 顆轉子	181.96	180.37	182.32	181.61	183.87	182.02

陀螺轉軸加重轉子數量與陀螺旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

1. 由研究的結果：發現轉軸的轉子數量慢慢增加，陀螺旋轉的秒數幾乎沒有改變，所以並不能增加陀螺旋轉的秒數。

2. 我們的想法：是因為轉子的重量是一個一個堆疊起來放在轉軸上，加重的轉子和轉軸並沒有和陀螺輪一起轉動，不能增加陀螺轉動的慣性，所以也就無法增加陀螺旋轉的平均秒數。

#### 研究四、探討「改變懸吊陀螺與摩擦輪的接觸時間」對陀螺旋轉時間的影響。

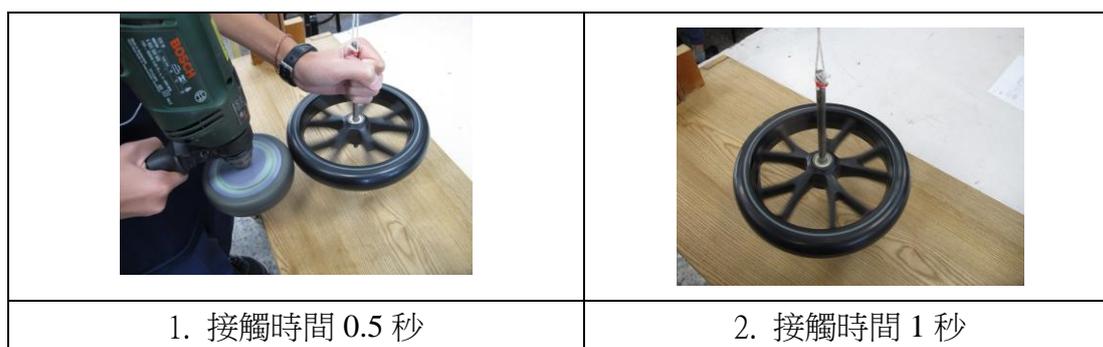
一、方法：慢慢增加陀螺與摩擦輪的接觸時間，觀察陀螺旋轉時間是否會有變化？

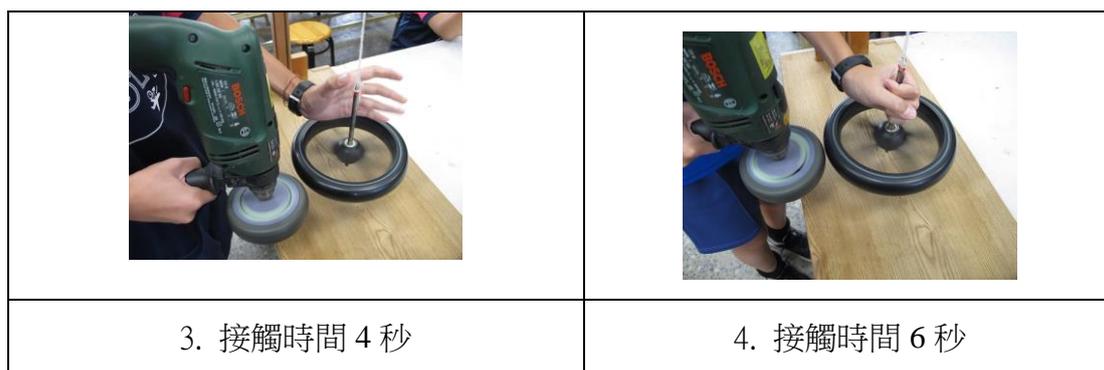
二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	與研究二的控制變因相同
操縱變因	摩擦輪與懸吊陀螺的接觸時間分別為 0.5 秒、1 秒、2 秒、3 秒、4 秒、5 秒、6 秒

三、操作過程及記錄：

- 1.將陀螺掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 5 的位置。
- 2.左手握住陀螺軸心，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。
- 3.控制摩擦輪與陀螺接觸時間為 0.5 秒(陀螺加速時間)。
- 4.碼錶準備計時。
- 5.到達接觸時間 0.5 秒時，左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 6.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 7.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 9 在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整摩擦輪與車輪陀螺的接觸時間分別為 1 秒、2 秒、3 秒、4 秒、5 秒、6 秒操作陀螺轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。

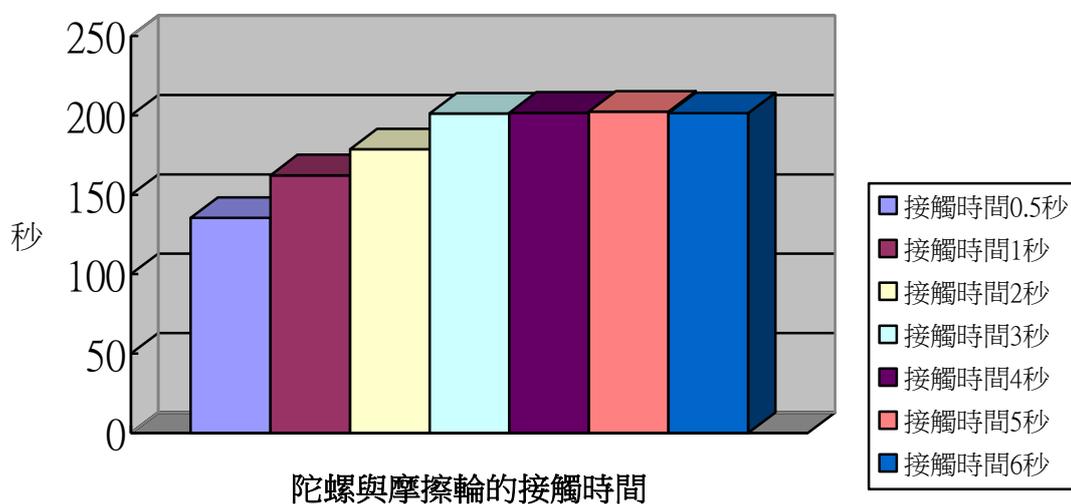




旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

接觸時間	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
0.5 秒	137.27	136.38	132.59	131.64	139.38	135.45
1 秒	160.13	161.28	159.17	164.55	166.30	162.29
2 秒	180.15	179.17	179.65	175.35	178.69	178.60
3 秒	200.07	201.09	199.92	201.17	203.96	201.24
4 秒	199.38	199.95	202.37	204.37	202.38	201.69
5 秒	201.65	199.37	205.07	203.33	202.31	202.35
6 秒	198.96	199.07	200.39	204.72	203.88	201.40

陀螺與摩擦輪的接觸時間與陀螺旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

1.在實驗中，我們操作摩擦輪接觸帶動陀螺的時間由 0.5 秒到 3 秒漸漸增加，發現接觸時間越長，可以讓懸吊陀螺轉得更持久，陀螺旋轉時間會變長。但陀螺接觸時間超過 3 秒以後，陀螺就會達到等速度旋轉，陀螺旋轉時間就幾乎都相同。

2.我們的想法：摩擦輪接觸陀螺的時間越長(0.5 秒到 3 秒)，也就是陀螺受力的時間越長，就會增加陀螺的轉速，所以陀螺旋轉秒數會增加；反之，陀螺接觸時間越短，陀螺受力時間就越短，陀螺轉速會變慢，所以陀螺旋轉的秒數會減少。

## 研究五、探討「改變懸吊陀螺盤面至掛鉤的長度」對陀螺旋轉時間的影響。

一、方法：操作改變懸吊陀螺盤面至掛鉤的距離{盤面的高度}，找出哪一種距離可以讓陀螺旋轉時間較長？

二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	1.用同一個陀螺 (重量 550 公克、直徑 20 公分、軸孔徑 0.8 公分) 2.用同一懸吊陀螺固定器，讓陀螺順時針方向轉動 3.用相同軸心、摩擦輪(直徑 12.5 公分)、碼錶 4.電鑽轉速調至 5 的位置
操縱變因	陀螺盤面至掛鉤的距離分別為 24 公分、18 公分、12 公分、6 公分、3 公分的長度操作陀螺轉動

三、操作過程及記錄：

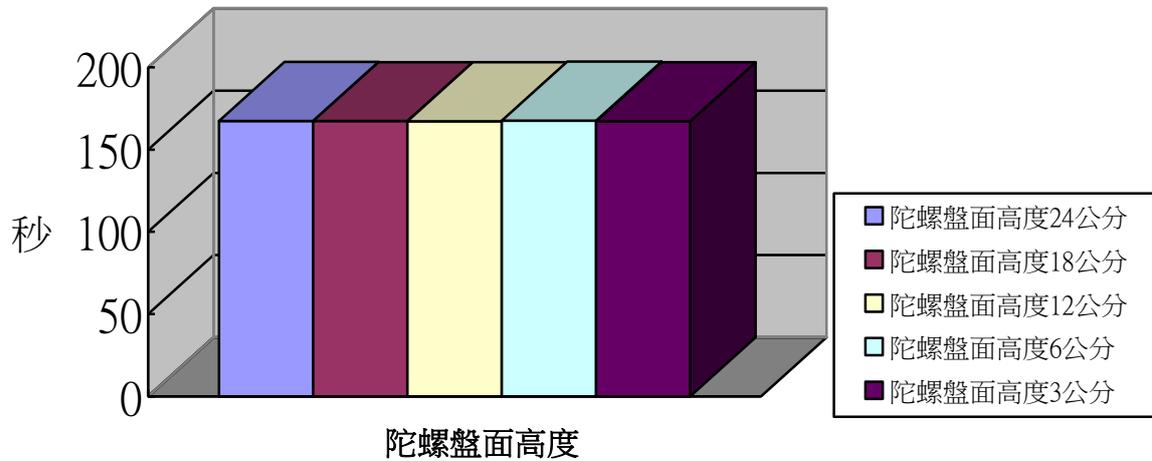
- 1.調整陀螺盤面至掛鉤的距離為 24 公分，來操作陀螺轉動。
- 2.將陀螺掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 5 的位置。
- 3.左手握住陀螺轉軸，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。
- 4.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 5.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 6.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 7.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 8.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 9 在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整陀螺盤面至掛鉤的距離分別為 18 公分、12 公分、6 公分、3 公分操作陀螺轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。

	
1. 調整陀螺盤面的高度	2. 操作陀螺盤面的高度 24 公分
	
3. 操作陀螺盤面的高度 18 公分	4. 調整陀螺盤面高度為 12 公分
	
6 操作陀螺盤面的高度 6 公分	6 操作陀螺盤面的高度 3 公分

旋轉秒數記錄如下：(單位：秒)

陀螺盤面高度	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
24 公分	168.88	166.72	167.38	165.79	168.33	167.42
18 公分	166.50	166.97	165.78	168.37	168.95	167.31
12 公分	167.59	165.66	169.06	167.54	166.39	167.25
6 公分	167.81	165.35	168.51	167.78	168.49	167.59
3 公分	167.06	166.92	167.17	166.21	168.38	167.15

陀螺盤面高度與旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

1. 我們發現陀螺盤面的高度慢慢減少，並不會增加或減少陀螺旋轉的秒數。
2. 我們的想法：陀螺的轉軸未能和陀螺輪一起旋轉，只調整陀螺盤面到掛鉤的高度，是不能改變懸吊陀螺轉動的慣性，所以陀螺旋轉的秒數幾乎都相同。

#### 研究六、探討「改變懸吊陀螺轉軸偏移角度」對陀螺旋轉時間的影響。

一、方法：改變陀螺轉軸偏移的角度(利用陀螺轉軸偏移角度參考模板)，觀察對懸吊螺旋轉時間的影響？

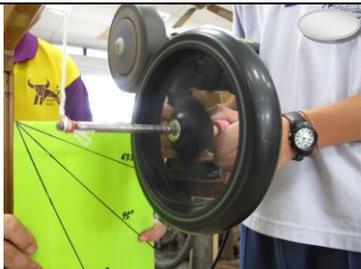
二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	1.與研究二的控制變因 1 至 4 相同 2.電鑽轉速調至 9 的位置 3.操作實驗時，注意棉線保持在鉛錘直線，陀螺的轉軸保持在水平位置
操縱變因	操作陀螺轉軸偏移分別為 0 度、22.5 度、45 度、67.5 度、90 度

三、操作過程及記錄：

- 1.將陀螺掛在固定器上，電鑽轉速調至 9 的位置，陀螺轉軸偏移 22.5 度 (如下圖 1)。
- 2.左手握住陀螺轉軸，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。

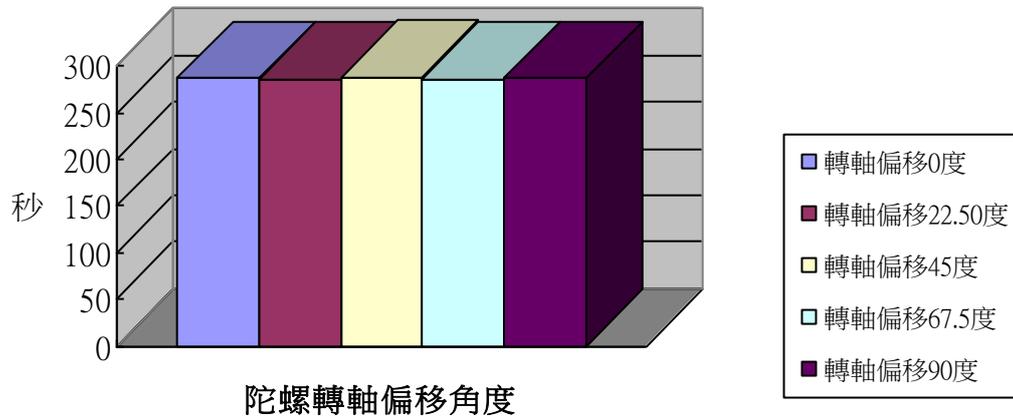
- 3.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 4.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 5.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 6.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 7.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 8.在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整陀螺轉軸偏移 45 度、67.5 度、90 度、操作陀螺轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。

	
1 操作陀螺轉軸偏移 22.5 度	2. 操作陀螺轉軸偏移 45 度
	
3.操作陀螺轉軸偏移 67.5 度	4.操作陀螺轉軸偏移 90 度

旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

懸吊陀螺軸心偏移角度	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
陀螺轉軸偏移 0 度	287.25	291.61	286.31	284.87	285.33	287.07
陀螺轉軸偏移 22.5 度	284.51	286.63	283.63	290.12	286.51	286.28
陀螺轉軸偏移 45 度	289.39	281.72	295.81	288.38	288.16	288.69
陀螺轉軸偏移 67.5 度	286.36	289.88	284.37	286.91	280.93	285.69
陀螺轉軸偏移 90 度	287.98	285.35	285.97	290.54	285.53	287.07

轉軸偏移角度與陀螺旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

- 1.實驗結果：改變陀螺轉軸的偏移角度，陀螺旋轉的平均秒數幾乎都相同。
- 2.我們的想法：懸吊陀螺的轉軸並沒有和陀螺輪一起轉動，陀螺轉動時，改變陀螺轉軸偏移角度，並不能改變陀螺轉動的慣性，所以陀螺的旋轉時間幾乎都相同。

#### 研究七、探討「改變懸吊陀螺擺盪的角度」對陀螺旋轉時間的影響。

一、方法：觀察懸吊陀螺轉軸和棉線成一直線偏移適當角度，再放開加速轉動的陀螺，觀察陀螺擺盪情形及對陀螺旋轉時間的影響。

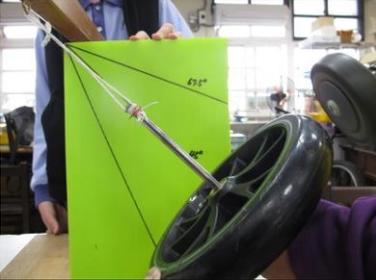
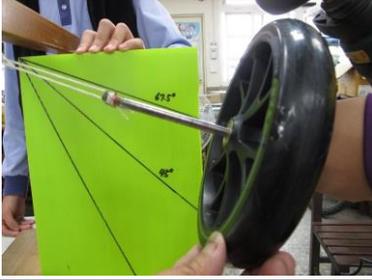
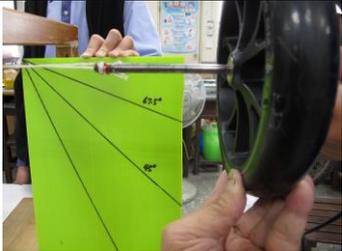
二、變因：

變因項目	變因內容
控制變因	1.與研究二的控制變因 1 至 4 相同 2.電鑽轉速調至 9 的位置 3.操作實驗時，注意棉線和陀螺的轉軸應保持在同一直線
操縱變因	操作陀螺軸線偏移分別為 0 度、22.5 度、45 度、67.5 度

三、操作過程及記錄：

- 1.將陀螺掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 9 的位置，陀螺轉軸和棉線成一直線偏移 22.5 角度 (如下圖 2)。
- 2.左手握住陀螺軸心，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺加速轉動。

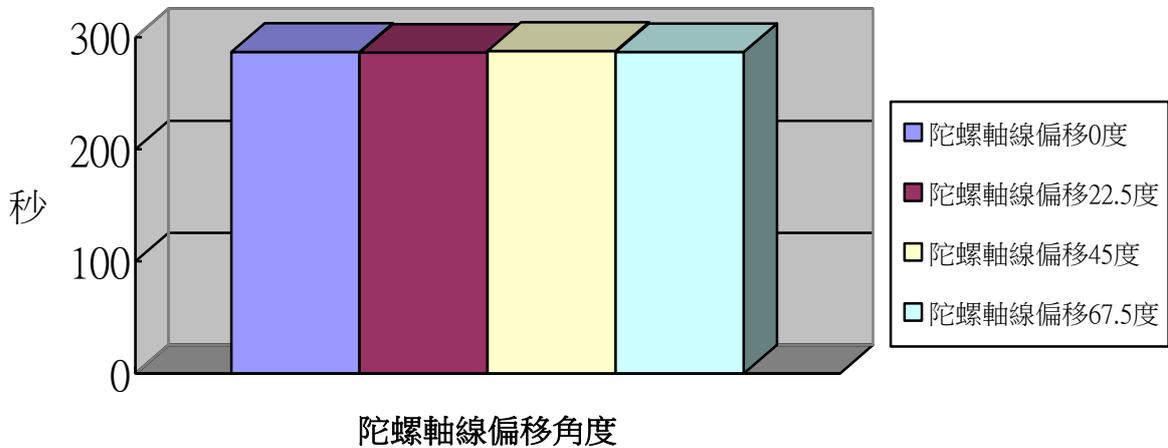
- 3.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 4.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 5.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 6.觀察快速轉動的陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 7.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 8.在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整陀螺軸線偏移 45 度、67.5 度、60 度操作陀螺轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。

	
1. 陀螺軸線偏移 0 度	2. 陀螺軸線偏移 22.5 度
	
3. 陀螺軸線偏移 45	4. 陀螺軸線偏移 67.5 度
	
5. 陀螺軸線偏移 90 度轉動時 陀螺擺盪過程會撞擊支架橫桿	6. 陀螺軸線偏移 67.5 度時，陀螺旋轉情形

旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

懸吊陀螺擺盪的角度	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
陀螺軸線偏離 0 度	285.34	286.78	286.31	287.25	289.72	287.08
陀螺軸線偏離 22.5 度	284.61	290.12	286.51	284.51	285.56	286.26
陀螺軸線偏離 45 度	292.81	288.38	287.23	289.39	281.72	287.91
陀螺軸線偏離 67.5 度	283.39	286.91	280.83	286.36	287.83	286.87

陀螺軸線偏移角度與陀螺旋轉秒數關係圖



#### 四、實驗結果與討論

- 1.實驗結果：陀螺的軸線長度是指陀螺轉軸的長度加上棉線的長度，我們發現陀螺軸線偏離角度慢慢增加，陀螺旋轉的秒數幾乎保持都相同。
- 2.我們的想法：操作陀螺軸線偏移角度慢慢增加，做來回擺盪的陀螺，摩擦輪帶動陀螺的轉速是保持不變的，不能增加陀螺轉動的慣性，陀螺最後旋轉的秒數就不會改變。

研究八、探討「改變懸吊陀螺轉動方向」對陀螺轉軸「進動」的方向及旋轉時間的影響。

##### 一、方法：

觀察研究六，操作陀螺軸心偏移 90 度讓陀螺轉動，從懸吊陀螺固定器上方觀察讓陀螺順時針旋轉時，陀螺轉軸會繞著棉線朝哪個方向轉動？讓陀螺逆時針旋轉時，陀螺轉軸又會繞著棉線朝哪個方向轉動？陀螺旋轉時間會改變嗎？

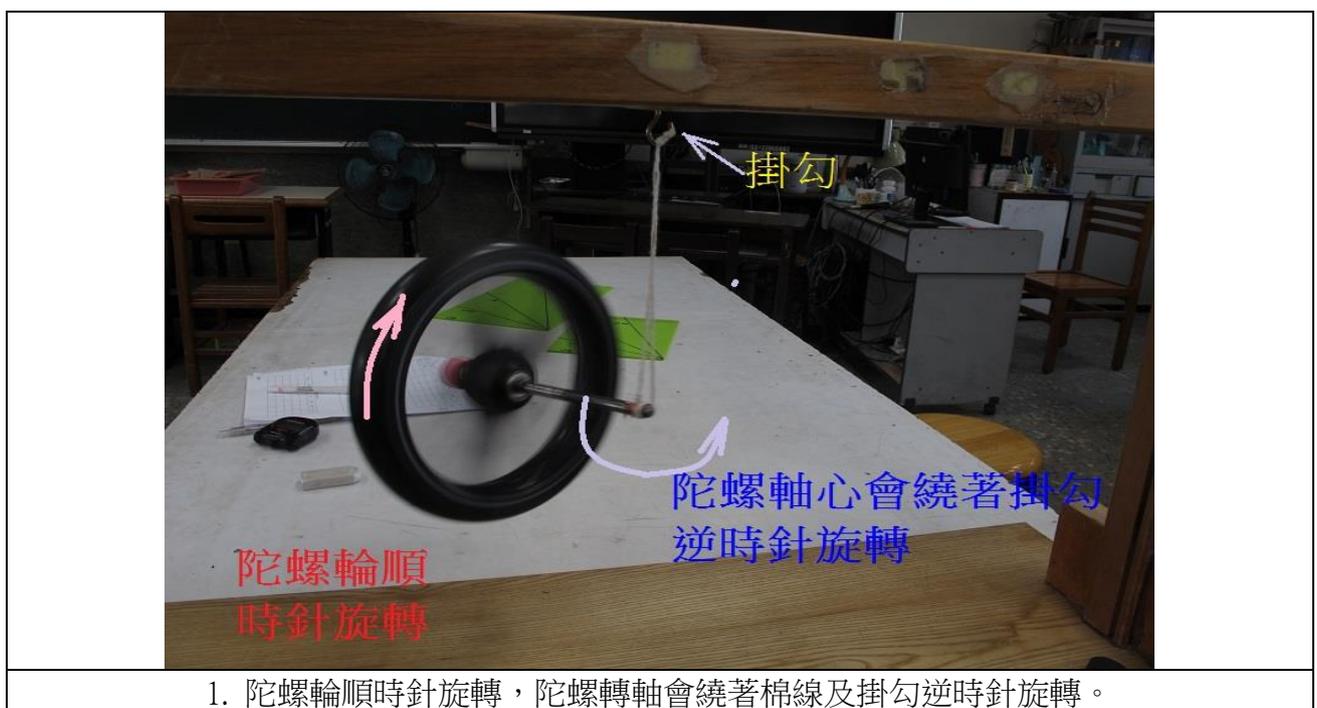
##### 二、變因：

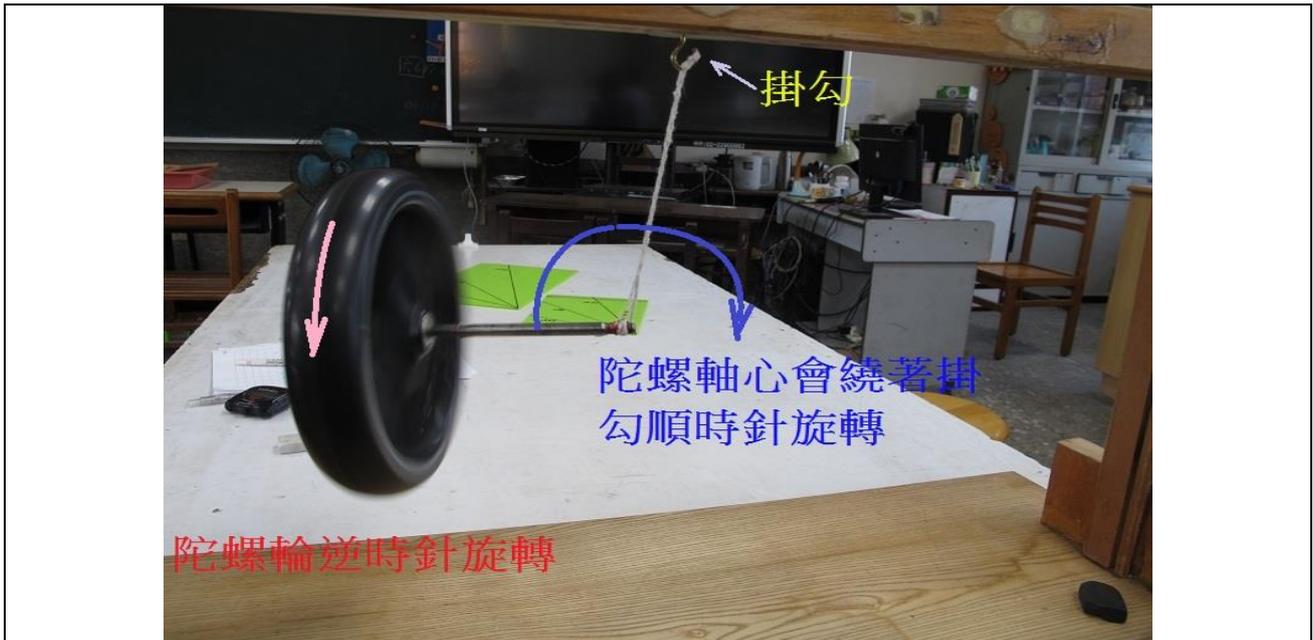
變因項目	變因內容
控制變因	1.與研究二的控制變因 1 至 4 相同 2.電鑽轉速調至 9 的位置

	3.操作實驗時，注意棉線保持在鉛錘直線，陀螺的轉軸保持在水平直線位置
操縱變因	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 陀螺轉軸偏移 90 度(轉軸呈現水平狀態)，讓陀螺輪順時針加速旋轉時，觀察陀螺軸心繞著棉線的轉向如何？</li> <li>2. 陀螺轉軸偏移 90 度(轉軸呈現水平狀態)，讓陀螺輪逆時針加速旋轉時，觀察陀螺軸心繞著棉線的轉向如何？</li> </ol>

### 三、操作過程及記錄：

- 1.將陀螺掛在懸吊陀螺固定器上，電鑽轉速調至 9 的位置。
- 2.左手握住陀螺轉軸，調整陀螺轉軸偏移 90 度(轉軸呈現水平狀態)，右手拿電鑽帶動摩擦輪，再讓摩擦輪接觸陀螺順時針方向加速轉動。
- 3.控制摩擦輪與陀螺接觸時間約 10 秒鐘以上。
- 4.觀察陀螺達到等速度旋轉時，碼錶準備計時。
- 5.左手和摩擦輪同時離開陀螺時，開始計時。
- 6.紀錄觀察陀螺軸心繞著棉線的轉動方向？(下圖 1)陀螺經過一段時間後，旋轉速度會變慢。
- 7.當陀螺完全停止轉動時，就立刻結束計時，並記錄陀螺旋轉時間。
- 9 在相同的懸吊陀螺固定器上，用相同的方式操作，調整讓摩擦輪接觸陀螺逆時針方向加速轉動，操作 5 次並算出旋轉的平均秒數。



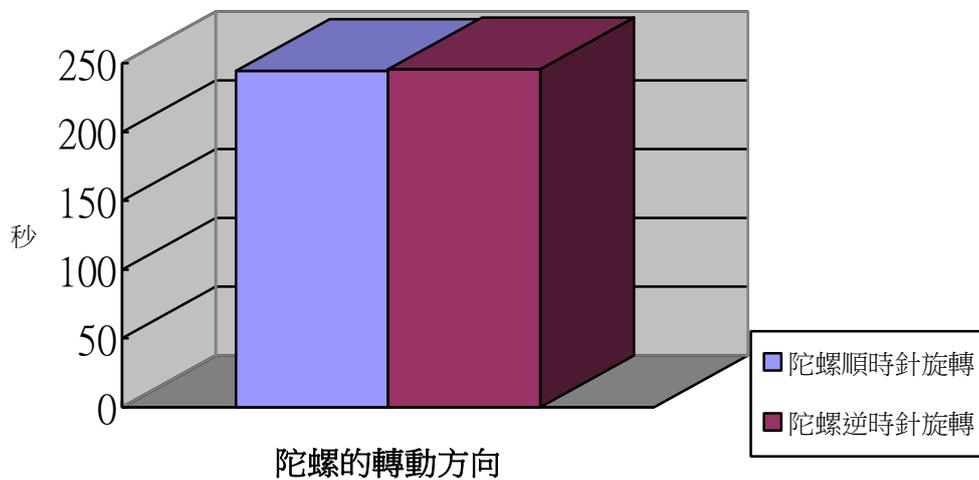


2. 陀螺輪逆時針旋轉，陀螺轉軸會繞著棉線及掛勾順時針旋轉。

旋轉的秒數記錄如下：(單位：秒)

從懸吊陀螺固定器上方觀察	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
1. 陀螺順時針旋轉，陀螺轉軸會繞著棉線逆時針旋轉。	285.98	286.35	284.86	285.54	290.51	286.65
2. 陀螺逆時針旋轉，陀螺轉軸會繞著棉線順時針旋轉。	289.39	287.51	284.88	286.02	284.05	286.37

改變陀螺轉動方向對陀螺旋轉秒數圖



#### 四、實驗結果與討論

1.實驗結果:我們發現操作陀螺轉軸偏移 90 度讓陀螺順時針加速轉動，左手和摩擦輪同時離開陀螺時，看見陀螺轉軸會繞著棉線逆時針旋轉(如上圖 1)；陀螺轉軸偏移 90 度讓陀螺逆時針加速旋轉時，看見陀螺轉軸會繞著棉線順時針旋轉(如上圖 2)

2.我們的想法:陀螺旋轉時，只改變懸吊陀螺的轉動方向，不能加快陀螺的轉速，所以最後陀螺旋轉的秒數就幾乎都相同。

## 陸、結論

依照實驗結果發現：

1. 摩擦輪轉動速度越快，陀螺旋轉時間就越長。
2. 懸吊陀螺輪邊的重量慢慢增加，陀螺旋轉時間就越長。
3. 懸吊陀螺轉軸的重量慢慢增加，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
4. 懸吊陀螺與摩擦輪接觸的時間越長，陀螺旋轉的時間就越長。
5. 懸吊陀螺的盤面至掛鈎的長度慢慢減少，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
6. 懸吊陀螺轉軸偏移角度慢慢增加，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
7. 懸吊陀螺擺盪的角度慢慢增加，陀螺旋轉的時間幾乎都相同。
8. 懸吊陀螺轉動的方向改變，陀螺轉軸「進動」的方向也會跟著改變，而陀螺旋轉的時間幾乎都相同。

研究心得感想：

1. 研究六.發現操作懸吊陀螺除了會自轉以外，也可以讓陀螺的轉軸繞著棉線及掛鈎轉動。就像地球自轉時，其自轉軸又會繞著太陽轉動一樣，感覺操作起來比在桌面或地面轉動的陀螺新奇、生動、有趣。

2. 研究七.我們觀察把陀螺中的轉軸和棉線拉成一直線來操作實驗，發現自轉的陀螺除了有來回擺盪的運動外，也讓自轉的陀螺轉軸可以繞著棉線及掛鈎轉動。看起來陀螺像是在空中飛舞一樣，令人驚訝。

3. 觀察發現 8 個操作實驗變項中，只有增加懸吊陀螺轉動速度或增加他的轉動的慣性(例如在陀螺輪邊增加質量)，當陀螺加速到相同轉速時，陀螺輪邊質量較大的，陀螺的旋轉時間就越長。

4. 查網路有個物理學名詞叫做「進動」，所謂「進動」(註 2)是自轉物體之自轉軸又繞著另一軸旋轉的現象，又可稱作「旋進」。我們的研究八就是在探討說明陀螺的進動現象。探討說明當陀螺自轉的方向改變，其自轉軸又繞著另一軸旋轉時，它的進動方向也會跟著改變。

## 柒、參考資料、文獻及網站

一、註 1. 參考嘉義縣第 63 屆國民中小學科學展覽會-輪轉有「理」-影響陀螺旋轉時間的因素及陀螺穩定性之探討作品說明書的車輪陀螺固定器。

二、註 2. 「進動」參考 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%80%B2%E5%8B%95> 網頁

三、康軒版 6 下自然教科書第一單元簡單機械 3-2 腳踏車上的傳動裝置-車輪像是陀螺在轉動

四、生活裡的科學】20140531 - 騎腳踏車學科學 <https://www.youtube.com/watch?v=AAS0R82BwEE>

五、牛頓第一運動定律（慣性運動）

<https://www.junyiacademy.org/junyi-science/science-juni/middle-school-physics-chemistry/s4zud-/v/Lv2wiCZx4Kc?v=Lv2wiCZx4Kc>

六、牛頓第二運動定律 <https://www.youtube.com/watch?v=8pAuts0EILI>

七、【生活裡的科學】摩擦力 <https://www.youtube.com/watch?v=36GpnedjUOQ>

八、轉動慣量(慣性矩)的介紹 <https://www.youtube.com/watch?v=Y8WEDmse63Y>