

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

081508

不約而同-----對稱陀螺與非對稱陀螺

學校名稱：嘉義縣新港鄉新港國民小學

作者： 小五 呂昊人 小五 邱楹煖	指導老師： 王靜文、謝邦基
-------------------------	------------------

關鍵詞：陀螺、轉動、重心

## 壹、 摘要

自然界看起來好像遵守對稱性的物體比較多，可是嚴格說來這些物體卻並非真正對稱，對稱物體對我們來說，它就只是一種人爲簡化的狀況，但這也引發我們對這兩者間轉動狀態感到好奇。而對於陀螺問題的研究，因為實驗設施的製作困難，所以很難面面俱到，例如以手旋轉、陀螺與地面接觸的摩擦力、軸心與陀螺不垂直等問題。再加上過去討論陀螺的焦點集中在對稱物體上，對於『不對稱陀螺』較少有人討論，所以我們便以「陀螺轉軸定位裝置」找出不對稱物體的對稱軸後，再以自製「陀螺旋轉儀」找出對稱陀螺與不對稱陀螺的物理轉動特性。我們發現：『對稱陀螺與不對稱陀螺』，轉軸於地面上的摩擦力越小、陀螺腳高越低、陀螺旋轉面積越大、旋轉陀螺的線越長、旋轉陀螺的力量越大，轉動的越久。

## 貳、 研究動機

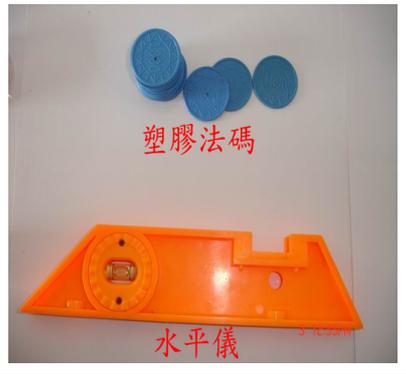
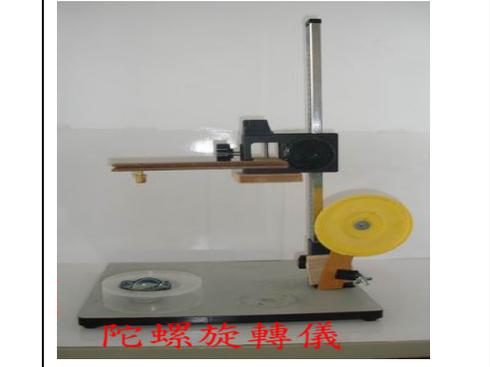
要製作真正的對稱陀螺，若是沒有現成的物體或機器精密測量製作，想完成一件對稱陀螺也不是易事，所以我們收集摺紙的專書配合五下數學的對稱原理，找出不需儀器就可以製作對稱平面陀螺的方法【附錄二】。對於不對稱陀螺，我們以「陀螺轉軸定位裝置」找出陀螺轉盤的重心，讓轉軸與陀螺表面垂直，以達到陀螺的較佳穩定性爲主。

同時我們以自製的「陀螺旋轉儀」讓陀螺去除不必要的人爲誤差，並測試不同接觸面的摩擦力，找出對稱與不對稱陀螺的轉動特性，發現這兩類陀螺轉動持久的條件。

## 參、 研究目的

1. 我們想探討對稱與不對稱陀螺是否遵守相同的物理定性現象
2. 找出對稱多邊形與任意形狀陀螺的製作方法
3. 找出旋轉持久的陀螺的製作條件

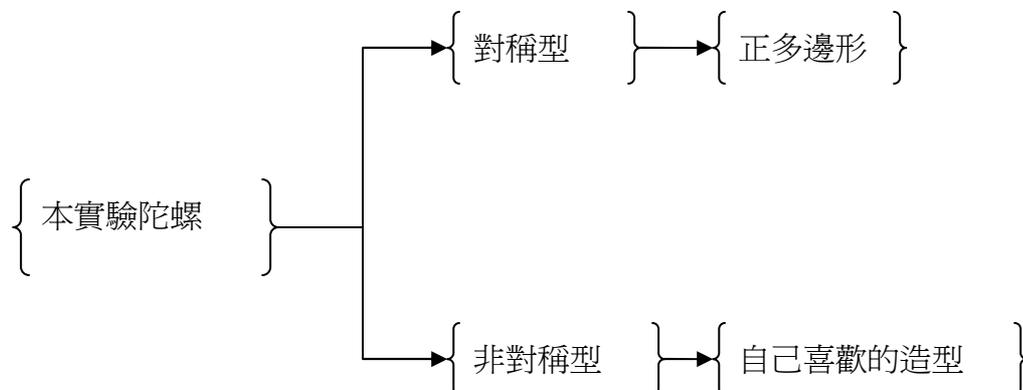
肆、 研究器材

 <p>電鑽 鑽頭</p>	 <p>塑膠法碼 水平儀</p>	 <p>剪刀 膠帶 快乾膠 大頭針 膠泥</p>
 <p>旋轉陀螺的棉線</p>	 <p>找出平面陀螺的重心軸位置</p>	 <p>陀螺旋轉儀</p>
 <p>厚紙板</p>	 <p>不規則形狀的卡通陀螺</p>	 <p>尺規與厚度儀</p>
 <p>細砂介質</p>	 <p>清水介質</p>	 <p>沙拉油介質</p>

筷子（不同材質）、小瓷碗、細沙、沙拉油、粉筆灰、電鑽、鑽頭、**陀螺轉軸定位裝置（自製）**、紙箱、小型重鎚、燒杯支架、報廢之翻拍架、游標尺**陀螺旋轉儀（自製）**、快乾黏膠、碼錶

## 伍、 研究過程與方法

我們製作的陀螺分為『對稱型與非對稱型』兩大類陀螺，對稱型以正多邊形為代表，邊數分為 3 的倍數（例如 3 邊形、6 邊形、12 邊形.....） 4 的倍數（例如 4 邊形、8 邊形）（製作方法：附錄 2）。非對稱形主要以不規則形狀，我們通常會將陀螺作成自己喜歡的造型。



做出平面陀螺盤面後，接下來會尋找陀螺重心點。對稱型的平面陀螺重心點（旋轉的軸心）就在中心點，用色紙剪出正多邊形後，貼在所製作的材質，再以刀子剪裁出陀螺形狀，而色紙中心點就是軸心的位置（參附錄 2），再利用游標尺可以檢驗陀螺中心點是否正確。而非對稱型陀螺需要利用自製的轉軸定位器，找出轉軸位置，才能準確製作平衡不易傾斜的陀螺。我們由眾多陀螺中找出品質良好的陀螺加以實驗觀察。



圖一、三角形陀螺旋轉（對稱陀螺）



圖二、圓形陀螺轉動

### 1. 對稱型陀螺製作流程【附錄 2】

- 首先利用色紙或正方形紙張剪裁出正多邊形，剪裁的方法如附錄一。剪裁後的形狀中心點會有一明顯摺痕（請參考附錄 1. 實驗實況照片）。
- 將色紙貼到厚紙板後，利用修剪指甲的小剪刀剪下形狀後，將中心軸作上記號，以細鑽頭鑽入。
- 將竹筷或鐵筷小心插入軸心，調整陀螺轉盤到地面的垂直高度，試出轉動效果較好的位置（因為陀螺轉盤大小不同，會影響腳高高度）。
- 以雙面膠黏上該轉軸旋轉之腳高位置後，重新插入轉軸並固定它。

- 試轉成功後便可以使用它，如圖三、圖四。



圖三、各式各樣的對稱陀螺



圖四、任意不規則陀螺(已經測好重心位置)

## 2. 非對稱型陀螺製作流程

- 首先利用厚紙板描上一個造型，利用修剪指甲的小剪刀剪下形狀。
- 利用陀螺轉軸定位裝置(如圖5)，先將一邊緣用細針穿過棉線後，將它掛在裝置上，裝置的上方有一垂直地面的小重錘，將它與棉線重疊，此時小重錘的線會通過紙板，將這條通過紙板的重錘線用筆在紙板上輕輕一劃。同樣的，取厚紙板的另外一端，以同樣的方式，將通過紙板的重錘線用筆在紙板上輕輕一劃，此時會有兩條交點，就是平面紙板的重心，也就是轉軸的位置，如圖五、六。
- 利用小尺寸的鑽頭鑽在重心處，再將竹筷或鐵筷小心插入軸心，調整陀螺轉盤到地面的垂直高度，試出轉動效果較好的位置。
- 以雙面膠黏上該轉軸旋轉位置後，重新插入轉軸並固定它。
- 試轉成功後便可以使用它。



圖五、正在為不規則形狀陀螺找重心



圖六、找陀螺重心

### 3、實驗因素

實驗因素	不同變數組合	備註
腳高（陀螺轉盤到地面垂直距離）	6、9、12、15 CM	
轉動陀螺之線長度	68、78、88、98、108 CM	
陀螺盤面的大小	原來比例 100% ~ 縮小到 60% 不同的大小	
轉動陀螺的力量	不同的砝碼數	每片砝碼重量= 1.3g
陀螺轉軸與地面的接觸面積	瓷盤、沙拉油、水、細沙	

4、本項實驗中自製的『陀螺旋轉儀』、『陀螺轉軸定位裝置』材料如下：

『陀螺旋轉儀』如圖八、：

主要結構為

報廢翻拍架一台

長條木頭兩片

轉動滑輪一個

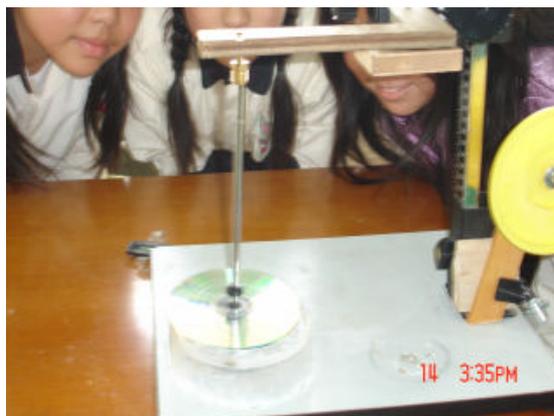
小型瓷碗一個

水平儀一個

砝碼數片、線數條



圖八、陀螺旋轉儀



圖七、光碟陀螺



圖九、陀螺砝碼、轉動狀況檢查

- 5、『陀螺轉軸定位裝置』：
- 實驗用鐵架與鐵環
  - 棉線
  - 重錘一個
  - 水平儀一個
  - 迴紋針或細鑽頭一個



圖十、陀螺重心定位裝置

為了達到實驗的準確性，老師在每個實驗過程中，加上預備動作與後續動作，以便讓我們達到標準作業流程觀念，同時降低實驗誤差。

『預備動作』：

- 實驗儀器擺放時，先以水平儀測試是否與地面垂直
- 淨空周遭事務，防止奔跑搖晃儀器，同時避免強風吹襲儀器
- 備好馬表，歸零準備計時
- 備好紙筆，紀錄實驗狀況
- 備好相機，準備攝影

『後續動作』：

- 保持實驗現場，不要干擾後續狀況
- 隨即紀錄數據

綜合上面所說，我們可以將每項實驗的步驟表示如下：

先進行預備動作 → 進行實驗因素表中的操縱變因，進行實驗 → 檢查實驗器具是否故障或異常，若有則重新開始，若沒有問題則進行下一個步驟 → 進行後續動作 → 結束

### 研究一、探討陀螺面盤到接觸地面之間轉軸垂直高度

常看到日本相撲選手出場時蹲低身體，也看到冬季奧運競速比賽時選手蹲低滑雪的動作，這些動作都試圖將本身重心降低，以便讓行進中的人穩定性更好，不易傾斜，所以我們假設陀螺重心應該也會影響轉動的持久性，利用將陀螺重心降低的假設，找出陀螺重心與陀螺持久性的關係。

1. 方法：  
使用同一厚紙板所作的紙陀螺，找出哪一種陀螺面盤和接觸面的距離(陀螺腳高)時，旋轉的秒數最高。
2. 實驗步驟如下：

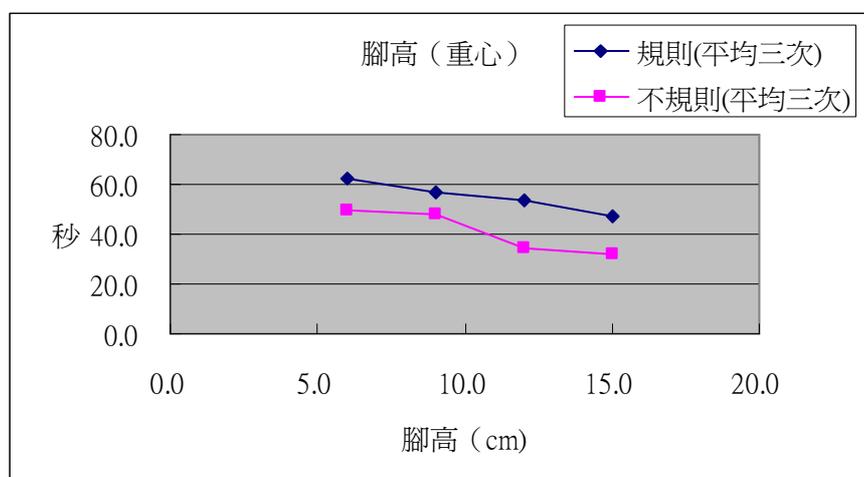
- (1) 先將圓形紙板陀螺準備好（陀螺的厚度：3.7mm），做成圓形陀螺與任意不規則陀螺。
- (2) 我們發現拉動陀螺的砝碼數，太多砝碼會造成陀螺軸心偏移，增加摩擦力，若是使用 5 片旋轉速度不是很快，所以我們使用 9 片砝碼（每片重：1.3g）作本實驗的拉力。將轉動的砝碼通過『陀螺旋轉儀』滑輪，另一端將陀螺綁好，準備轉動陀螺。
- (3) 進行『預備動作』，準備好各項儀器
- (4) 首先紀錄腳高 6cm 的陀螺，重複三次實驗。進行『後續動作』
- (5) 完成(1)到(4)步驟後，接著進行 9 cm、12 cm、15 cm 的陀螺腳高實驗，反覆進行前面四個步驟，每組數據做三次，統計如下表二、三。我們將圓形紙陀螺與任意不規則紙陀螺之資料做比較，得到 下圖十一的關係。

表二、 圓形紙陀螺 腳高和轉動時間關係

腳高(cm)	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均值 (秒)
6.0	63	61	64	62.7
9.0	57	56	58	57.0
12.0	52	54	54	53.3
15.0	50	44	47	47.0

表三、 不規則紙陀螺 腳高和轉動時間關係

腳高(cm)	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均值 (秒)
6.0	55	48	46	49.7
9.0	48	48	47	47.7
12.0	35	35	34	34.7
15.0	34	32	31	32.3



圖十一、規則陀螺與不規則陀螺在不同腳高下的實驗趨勢圖

## 研究二、探討轉動陀螺的不同線長與陀螺轉動持久性之關係

小時候在打陀螺，總會將陀螺線緊緊的纏在陀螺頭上，然後奮力一擲，最後陀螺就一直旋轉，好不興奮，我們在本實驗也仔細觀察在陀螺線逐漸脫離陀螺情況下，速度會由開始逐漸加快，最後在線完全脫離陀螺軸的那一剎那，陀螺使出渾身力氣轉動。

我們實驗的目的，是在推定規則形狀與不規則形狀的陀螺，應該都遵守一定的物理規則，只是定量關係以我們國小來說，老師說不容易定義，但是定性的關係，卻可以在實驗中觀察。

### 1. 方法：

這次我們的規則陀螺，以光碟為主。不規則陀螺以紙板材質，作成卡通造型。利用陀螺旋轉器以不同的線長，測試不同的實驗結果。

### 2. 實驗步驟如下：

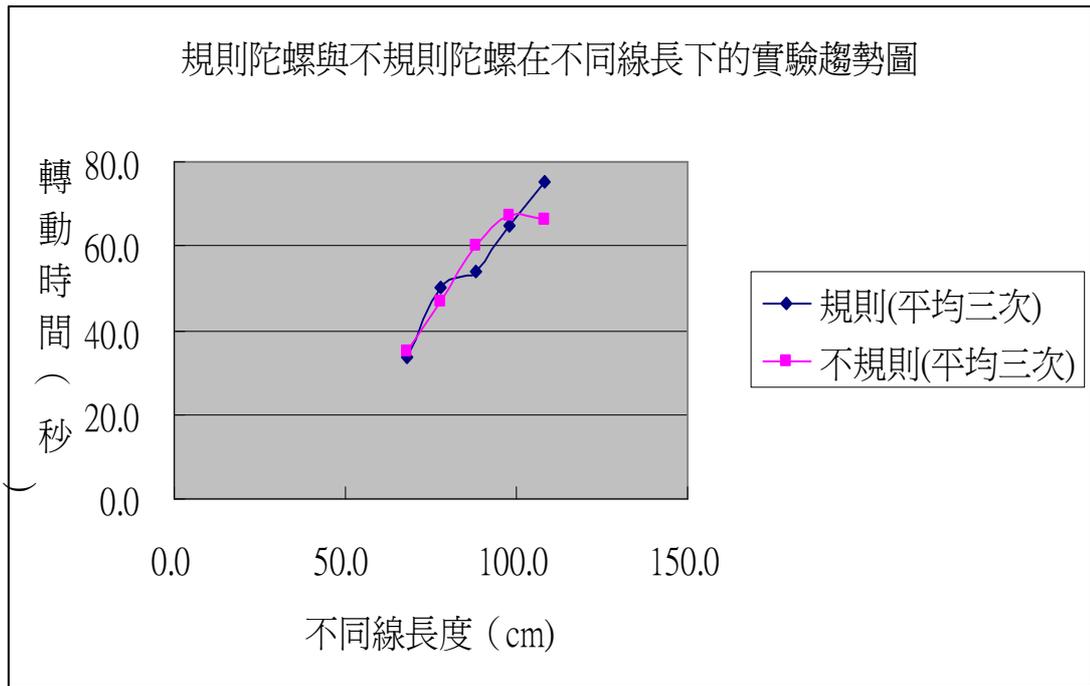
- (1) 先將光碟陀螺準備好（陀螺的厚度：1mm 直徑：119.5mm ），光碟陀螺是參考去年科展所做的陀螺，光碟的優點是重心軸容易設定（圓心），缺點是變化少，盤面的大小固定。
- (2) 進行『預備動作』，準備好各項儀器
- (3) 首先將陀螺線長分成 68 公分，進行陀螺線長對陀螺轉動持久的測試
- (4) 完成(1)到(4)步驟後，接著進行 78 cm 、88 cm 、98 cm 、108 cm 的陀螺腳高實驗，反覆進行前面四個步驟，每組數據做三次，統計如下表五、六。我們將光碟陀螺與任意不規則紙陀螺之資料進行比較，得到 圖十二 之趨勢。

表五、光碟陀螺 不同線長與陀螺轉動持久性之關係

陀螺線長(cm)	第一次(秒)	第二次(秒)	第三次(秒)	平均值(秒)
68.0	34	33	34	33.7
78.0	49	55	47	50.3
88.0	57	55	50	54.0
98.0	64	65	66	65.0
108.0	76	73	77	75.3

表六、不規則厚紙板紙陀螺 不同線長與陀螺轉動持久性之關係

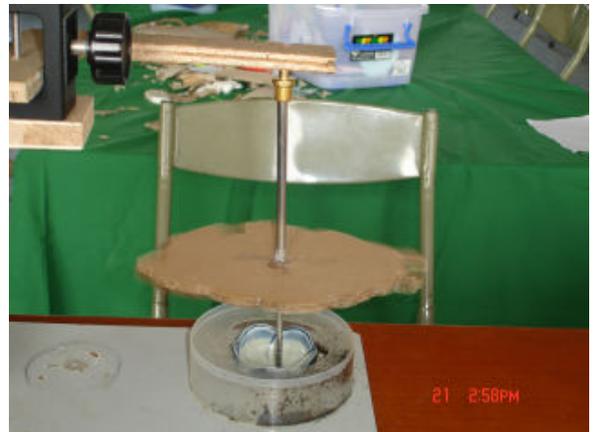
陀螺線長(cm)	第一次(秒)	第二次(秒)	第三次(秒)	平均值(秒)
68.0	36	36	33	35.0
78.0	47	45	49	47.0
88.0	59	61	60	60.0
98.0	73	62	67	67.3
108.0	66	66	67	66.3



圖十二、規則陀螺與不規則陀螺 在不同線長下的實驗趨勢



圖十三、光碟陀螺旋轉情形



圖十四、不規則卡通造型旋轉情形

### 研究三、探討不同比例的陀螺面（陀螺面盤大小）對陀螺轉動持久性之關係

冰上溜冰的選手，將雙手收回放在胸前，迅速轉動，當手臂展開，速度又變慢，陀螺轉盤展開的面積，又與溜冰選手雙手展開的動作相似。但是由於光學轉速測量儀器，價格昂貴，所以我們改測陀螺轉動持久性。

方法：

1. 這次我們的規則陀螺，以圓形紙陀螺為主。不規則陀螺以紙板材質，作成卡通造型。利用陀螺旋轉器以不同的線長，測試不同的實驗結果。

2. 實驗步驟如下：

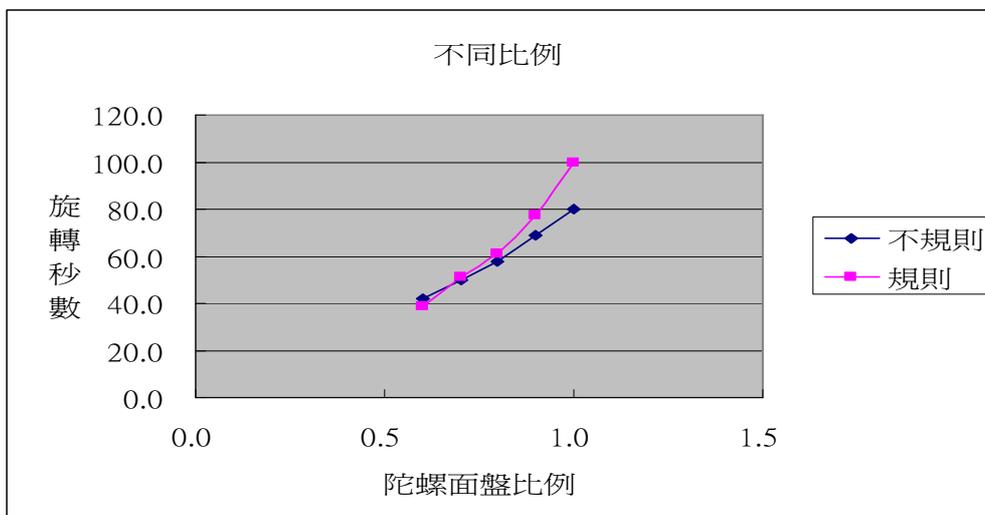
- (1) 先將圓形紙陀螺與不規則卡通紙陀螺準備好（陀螺的厚度：3.7mm）。
- (2) 進行『預備動作』，準備好各項儀器。
- (3) 先將圓形紙陀螺準備好（直徑：15cm 比例訂為 100%），固定好腳高，放到旋轉儀上，以陀螺線長 88 公分 塑膠砝碼 9 片（重量：11.7 g）進行實驗，如圖十六、十七。
- (4) 完成(1)到(3)步驟後，接著對相同材質（陀螺面盤比例為 90%，80%，70%，60%）陀螺進行實驗，反覆進行前面三個步驟，每組數據作三次，統計如下表八、久。我們將表八、表九之資料做比較；繪製趨勢圖如圖十五。

表八、圓形厚紙板陀螺 不同陀螺面盤大小與陀螺轉動持久性之關係

陀螺盤面比例	第一次（秒）	第二次（秒）	第三次（秒）	平均值（秒）
1.0	103	96	100	99.7
0.9	77	75	81	77.7
0.8	60	64	58	60.7
0.7	53	50	50	51.0
0.6	38	42	37	39.0

表九、不規則卡通人物厚紙板陀螺  
不同陀螺面盤大小與陀螺轉動持久性之關係

陀螺盤面比例	第一次（秒）	第二次（秒）	第三次（秒）	平均值（秒）
1.0	79	85	76	80.0
0.9	64	72	70	68.7
0.8	58	59	57	58.0
0.7	51	52	47	50.0
0.6	41	46	38	41.7



圖十五、不同比例轉盤面積大小 規則陀螺與不規則陀螺相對於陀螺轉持久關係之趨勢



圖十六、先製作好的紙陀螺



圖十七、測出重心的紙陀螺

#### 研究四、探討不同旋轉外力對陀螺轉動持久性之關係

小時候打陀螺時，施力越大，對陀螺轉動的影響自然越久，不過有先決條件是陀螺要打得正，不可以將陀螺打歪，否則陀螺旋轉不久就會傾斜倒地，當然陀螺本身做的好不好，轉軸是否在重心軸上，也會影響陀螺本身的平衡。

方法：

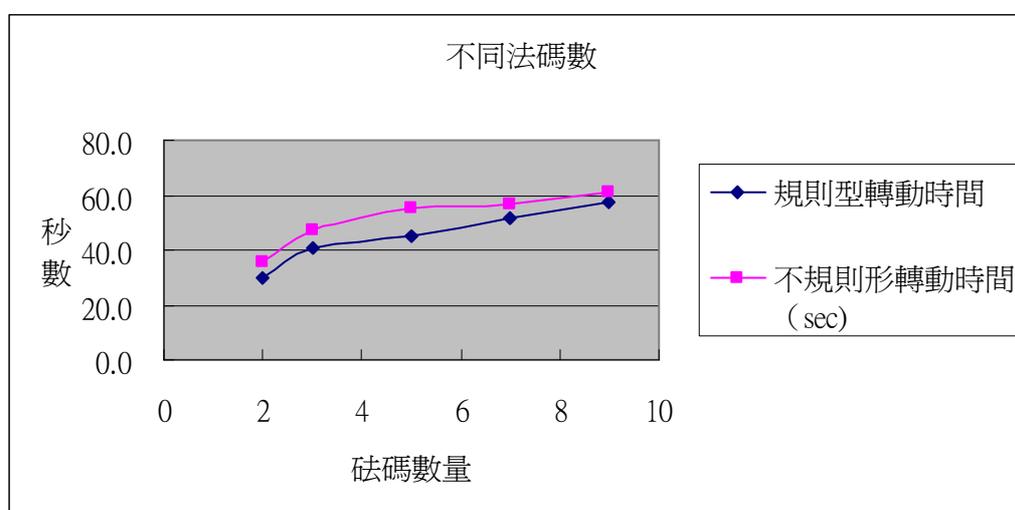
1. 在做實驗的時候，我們發現由於實驗裝置限制，若是轉動陀螺拉力過大，將會造成陀螺轉軸偏移並增加轉軸與實驗間的碰撞以及摩擦力。所以我們使用重量只有 1g 的塑膠硬幣當作單位砝碼，來拉動陀螺。
2. 實驗步驟如下：
  - (1) 先將圓形紙陀螺與不規則卡通紙陀螺準備好（陀螺的厚度：3.7mm）。
  - (2) 進行『預備動作』，準備好各項儀器。
  - (3) 先以圓形紙陀螺作實驗（陀螺盤面厚度：3.7 mm），塑膠砝碼 2 片（重量：2.6 g）。
  - (4) 接著換成 3 片、5 片、7 片、9 片塑膠砝碼依次進行實驗，完成(1)到(3)步驟後，，反覆進行前面三個步驟，每組數據作三次，統計如下表十一、十二。我們將表十一與表十二之關係作比較，繪製兩者的趨勢圖如圖十八。

表十一、圓形厚紙板陀螺  
不同旋轉力量（砝碼數）與陀螺轉動持久性之關係

砝碼數量	第一次（秒）	第二次（秒）	第三次（秒）	平均值（秒）
2	29	31	30	30.0
3	40	42	40	40.7
5	42	46	47	45.0
7	54	51	50	51.7
9	56	59	57	57.3

表十二、 不規則厚紙板卡通造型陀螺  
不同旋轉力量（砝碼數）與陀螺轉動持久性之關係

砝碼數量	第一次（秒）	第二次（秒）	第三次（秒）	平均值（秒）
2	35	37	36	36.0
3	47	47	48	47.3
5	50	60	55	55.0
7	59	54	58	57.0
9	58	65	61	61.3



圖十八、 不同旋轉陀螺的外力（砝碼數量）  
對規則與不規則陀螺旋轉持久性之關係



圖十九、測量轉動時間



圖二十、觀察轉動時間

## 研究五、探討不同轉軸相對不同接觸面摩擦力對陀螺旋轉持久性之關係

小時候溜冰會選擇地面光滑的地板上進行，因為摩擦力比較小，滑行速度可以提升，同時滑行時間可以持久。同樣的若是陀螺與接觸地面之間的摩擦力，是非常小，可以加快陀螺旋轉速度，若是摩擦力很大，自然陀螺很快就會停止旋轉。

方法：

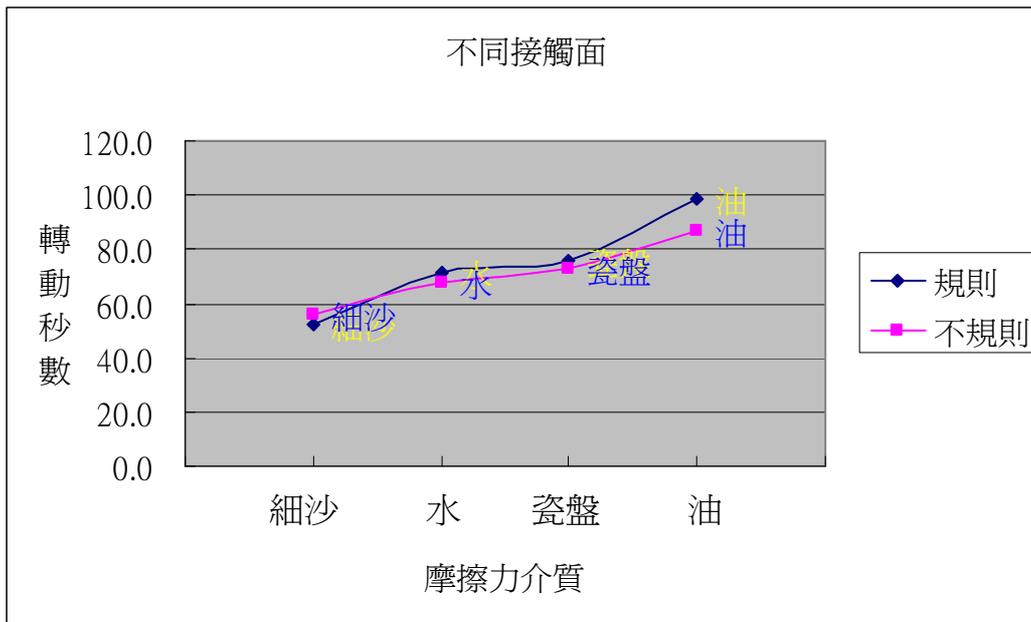
1. 在做實驗的時候，我們發現由於實驗裝置限制，若是轉動陀螺拉力過大，將會造成陀螺轉軸偏移並增加轉軸與實驗間的碰撞以及摩擦力。所以我們使用重量只有 1.3g 的塑膠硬幣當作單位砝碼，來拉動陀螺。
2. 實驗紙陀螺步驟如下：
  - (1) 先將圓形紙陀螺與不規則卡通紙陀螺準備好（陀螺的厚度：3.7mm）。
  - (2) 進行『預備動作』，準備好各項儀器。
  - (3) 先以圓形紙陀螺進行實驗。首先以「細沙」作為轉動介質。每組數據做三次如圖二十二、二十三。
  - (4) 然後依次以「水、瓷盤、沙拉油」重複步驟(1)到步驟(4)的動作，做成表十四、十五。我們將表十四與表十五之資料作比較，做成趨勢圖如圖二十一。

表十四、圓形厚紙板陀螺在不同轉軸接觸介質與陀螺旋轉持久性之關係

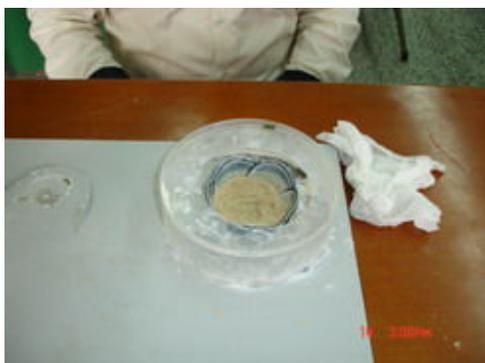
介質	第一次（秒）	第二次（秒）	第三次（秒）	平均值（秒）
細沙	47	45	64	52.0
水	70	72	73	71.7
瓷盤	76	73	78	75.7
油	100	96	100	98.7

表十五、不規則造型卡通厚紙板陀螺在不同轉軸接觸介質與陀螺旋轉持久性之關係

介質	第一次（秒）	第二次（秒）	第三次（秒）	平均值（秒）
細沙	57	53	58	56.0
水	73	64	66	67.7
瓷盤	76	77	66	73.0
油	89	83	89	87.0



圖二十一、規則與不規則造型陀螺在不同轉軸接觸介質與陀螺旋轉持久性之趨勢



圖二十二、細沙為摩擦介質



圖二十三、沙拉油為摩擦介質

## 陸、 研究結果

### 1. 研究一、探討陀螺面盤到接觸地面之間轉軸垂直高度

- (1) 我們以圓形紙陀螺代表對稱型陀螺，發現腳高越低（重心越低），旋轉越久
- (2) 我們以任意形狀紙陀螺代表不對稱型陀螺，發現腳高越低（重心越低），旋轉越久。
- (3) 我們發現不論對稱或不對稱形狀陀螺，在此研究中發現腳高越低（重心越低），旋轉的越久，兩者有相同的物理定性趨勢。

### 2. 研究二、探討轉動陀螺的不同線長與陀螺轉動持久性之關係

- (1) 我們以圓形光碟代表的對稱形陀螺，發現陀螺線越長，陀螺轉動越持久。
- (2) 我們以任意形狀紙陀螺代表不對稱型陀螺，發現陀螺線越長，陀螺轉動越久。
- (3) 我們發現不論圓形光碟或是不對稱型陀螺，在此研究中，陀螺線越長，陀螺轉動越久。但是不能太長，否則會因陀螺速度越來越快，陀螺線反而會阻擾陀螺轉動。

### 3. 研究三、探討不同比例的陀螺面（陀螺面盤大小）對陀螺轉動持久性之關係

- (1) 我們以圓形紙陀螺實驗，陀螺轉盤面積越大，旋轉 越久
- (2) 我們以任意形狀紙陀螺實驗，發現陀螺轉盤面積越大，旋轉 越久。
- (3) 我們發現不論對稱或不對稱形狀陀螺，在此研究中均表現轉盤越大，旋轉越久。

### 4. 研究四、探討不同旋轉外力對陀螺轉動持久性之關係

- (1) 我們以圓形紙陀螺實驗，砝碼數越多（陀螺旋轉的外力越大），陀螺旋轉越久
- (2) 我們以任意形狀紙陀螺實驗，砝碼數越多（陀螺旋轉的外力越大），陀螺旋轉越久。
- (3) 我們發現不論對稱或不對稱形狀陀螺，砝碼數越多（陀螺旋轉的外力越大），陀螺旋轉的越久。

### 5. 研究五、探討不同轉軸相對於不同接觸面摩擦力對陀螺持久性之關係

- (1) 我們以圓形紙陀螺實驗，發現轉軸與接觸地面的摩擦力越小，陀螺旋轉越久
- (2) 我們以任意形狀紙陀螺實驗，發現轉軸與接觸地面的摩擦力越小，陀螺旋轉越久
- (3) 我們發現不論對稱或不對稱形狀陀螺，發現轉軸與接觸地面的摩擦力越小，陀螺旋轉越久。

## 柒、 討論

- 1、 「陀螺腳高」越高表示重心越高，重心越高物體就越容易傾斜，這跟不倒翁的原理一樣。
- 2、 每一具陀螺的重心，若要包含轉軸與陀螺本身的重量在內，則每一具的陀螺重心位置勢必不同，必須重新測量。
- 3、 「陀螺線長」越長表示陀螺所受施力的時間越久，陀螺轉動也越久
- 4、 陀螺線長也不可太長，因為陀螺線本身與轉軸有摩擦力，而陀螺開始轉動會逐漸加速，當速度越來越快，最後若是繩子移動速度比陀螺轉動的速度慢時，反而會使陀螺減速。
- 5、 「陀螺面盤」越大，表示陀螺重量越大，重心位置會下降，陀螺則較不易傾斜，陀螺轉動也越久。
- 6、 「陀螺面盤」的形狀大小，會影響轉軸的位置，必須非常仔細的測量轉軸位置，才不會因為轉軸不在陀螺面盤的重心軸上，產生額外的力距。
- 7、 陀螺旋轉力越大時，旋轉的持久性越久。當陀螺旋轉力增加到一定值（9片砝碼以上時），陀螺旋轉的持久性增加的幅度會變小，最後改變會接近一個定值。
- 8、 陀螺旋轉的力量最後對陀螺旋轉的持久性會趨向定值，這個現象可能是實驗裝置的摩擦力因素或其他因素造成，由於時間與能力有限，希望以後有機會繼續研究。

## 捌、 結論

- 一、本實驗只針對平面陀螺為主，立體陀螺在非對稱物體上的轉軸製作上可以留給後面有興趣的人去研究。
- 二、本實驗主要發現有兩大部份
  1. 非對稱陀螺與對稱陀螺均遵守同樣物理定性關係
  2. 對於陀螺旋轉持久性來說：
    - (1)陀螺重心低
    - (2)陀螺接觸面摩擦力小
    - (3)陀螺轉軸位置為重心軸且垂直地面者，陀螺可以旋轉得最持久。

## 玖、 參考資料

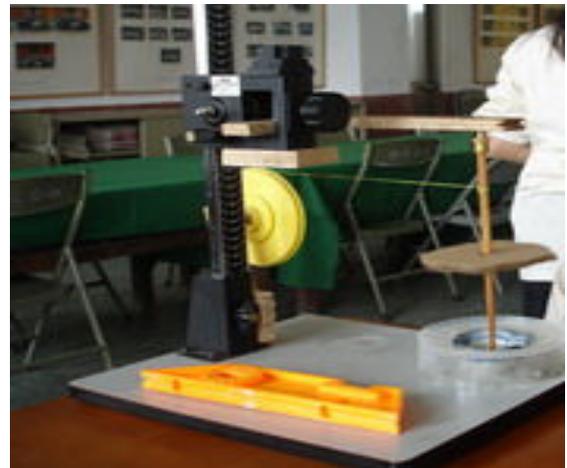
黃福坤 (1999)。 **輪軸與轉動** 。 2005 年 12 月 2 日 。 取自：台灣師大物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/>

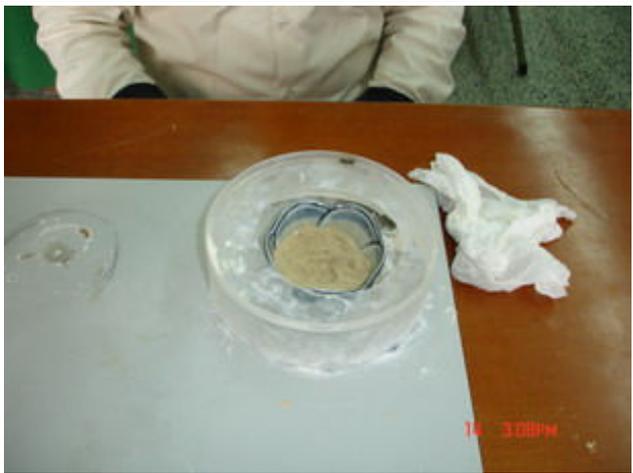
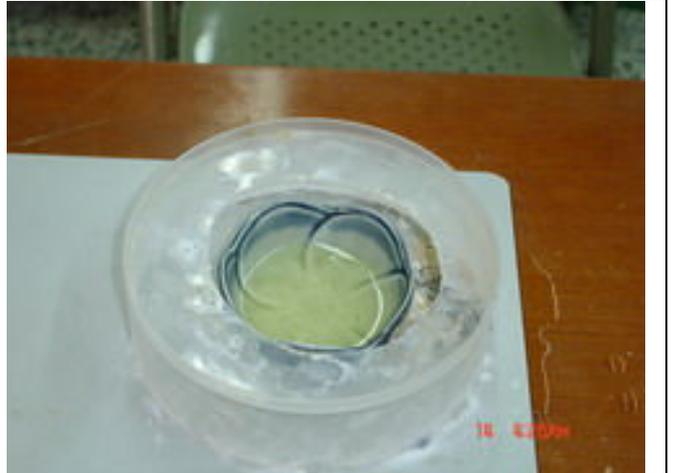
NHK 自然科學百科 VCD 光碟 (2005) 。 **51、52 集陀螺科技** 。 2005 年 05 月 30 日。

中山國小教學資源網站 (無日期) 。 **製作紙杯陀螺教學網站** 。 2005 年 12 月 30 日。取自：  
<http://www.csps.kh.edu.tw/sp5/re/5gp/gp2-1.htm>

自然與生活科技進修網站 (無日期) 。 **陀螺的製作** 。 2006 年 2 月 1 日。取自：  
[http://science.nutn.edu.tw/teching\\_4.html](http://science.nutn.edu.tw/teching_4.html)

附錄一、實驗實況照片





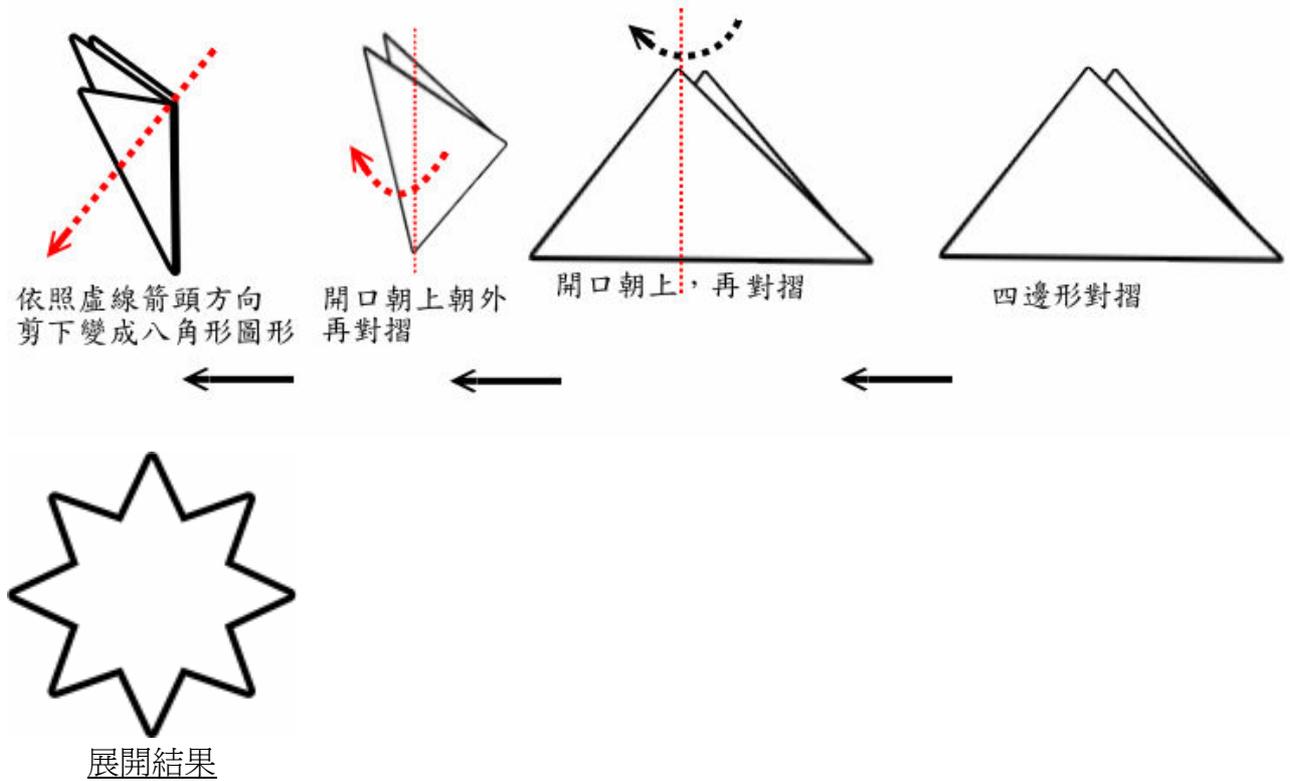


## 附錄二、對稱圖形的製作流程

### 對稱圖型的製作流程

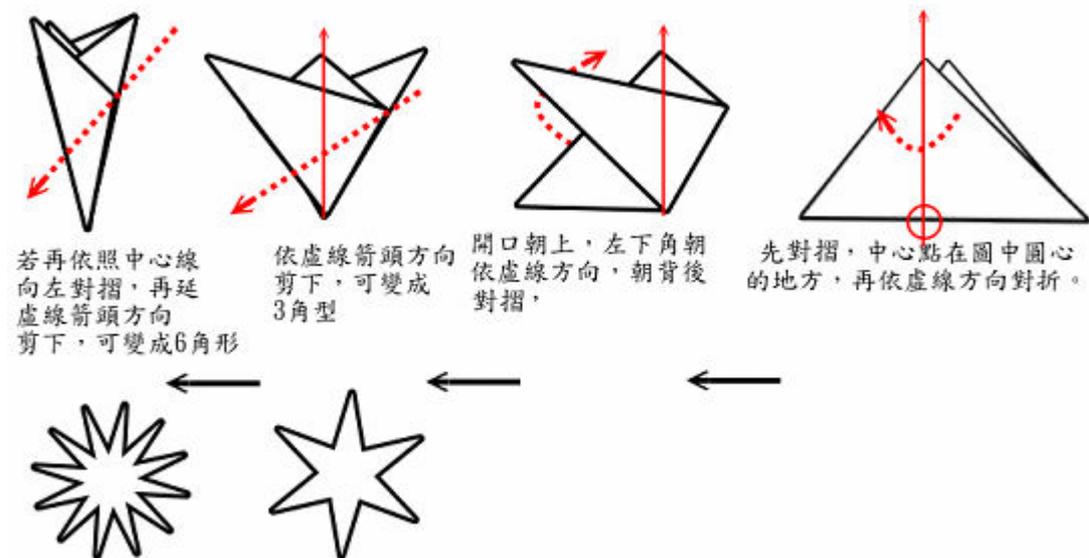
材料：正方形大小紙張（例如色紙、自行切割的白報紙）、小型剪刀一把

四角型倍數的圖型（例如 4 角形、8 角形、16 角形 四的倍數為主的形狀）



若要需要變成 16 角形，只要再將上列作後一個圖形再對摺一次，之後沿著虛線箭頭方向剪下。

三角形倍數的圖形（例如 3 角形、6 角形、12 角形 3 的倍數為主的形狀）



若要需要變成 12 角形，只要再將上列作後一個圖形再對摺一次，之後沿著虛線箭頭方向剪下

至於五的倍數角形，它的折法更複雜，平面圖形很難顯示。還有刀法不需要直線切下，可以有一個弧度，這樣剪開可以是一朵花瓣。剪下的形狀再將它貼在厚紙板上，依照形狀裁剪下來後，就可以是完全手工製作的多角形陀螺。

評 語

081508 不約而同---對稱陀螺與非對稱陀螺

1. 表達良好。
2. 關於其他變因(重量、厚度等)，可考慮列入分析。
3. 題目與內容須加強配合(何謂陀螺?)。