

看！我們做的彩色紙陀螺轉得最棒

初小組物理科第二名

台北市西門國民小學

作者：王珮君、黃佳傑

翁立窈、謝明書

指導教師：翁阿火、余麗華

一、研究動機

三年級上學期上自然科學第十單元，色輪的實驗時，老師要我們用牙籤和卡紙製作彩色紙陀螺，來實驗使彩色紙陀螺看成一色的實驗，我發現我做的紙陀螺旋轉的情形比別的同學的陀螺差。我不知道是什麼原因使旋轉的情形不一樣。因此，我便找了幾個好朋友，在老師的指導下，一起來研究「怎樣才能做出轉得更穩，更久的陀螺」。

二、研究目的

- (一)搜集市面上各式的陀螺，研究它的構造和原理。
- (二)根據搜集的資料，研究影響陀螺旋轉的變因，形成假設並實驗。

三、研究設備器材

- (一)各式的陀螺、碼錶、玻璃墊（90cm×60cm）、方格紙、自製轉動器、砂紙、水槽（研究實驗用）。
- (二)卡紙、竹子、牙籤、膠水、短鉛筆、顏料（做陀螺的材料）。
- (三)圓規、尺、分度器、刀片、剪刀、砂紙、筆刀（做陀螺的工具）。

四、研究過程

問題(一)：市面上不同形狀陀螺的旋轉比較。

方法：依不同形狀，材料搜集到六種不同的陀螺先觀察，取四種不

同形狀陀螺每種各兩個，做十次的旋轉，觀察其旋轉情形並比較其旋轉的時間。

結果：1. 陀螺的形狀，從上面和下面看都是圓形。

2. 陀螺加力轉動則豎起旋轉，加力大則旋轉時間久。

3. 外形不平穩的，旋轉和搖晃的時間短，很快就倒下。

4. 同樣的陀螺在磨石子地的比粗水泥地的轉得久。

問題(二)：陀螺陀翼的形狀不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

說明：1. 將筆刀裝在圓規上切圓形。

2. 每一種陀螺都由三位以上的同學旋轉，每人轉十次。

方法甲：1. 用 5 張半徑 5 cm 的雙層圓形卡紙，各畫出最大的正方形、正五邊形、正六邊形、正八邊形及圓形做陀翼。

2. 用姆指，食指搓動，使陀螺旋轉，並以碼錶計時。

結果：其旋轉時間順序為

圓形 > 正八邊形 > 正六邊形 > 正五邊形 > 正方形

(34 秒 > 30 秒 > 26 秒 > 22 秒 > 21 秒)

方法乙：1. 用厚 1 公分的保麗龍板，各剪出周圍都是 22 cm 的圓形、正八邊形、正六邊形、正五邊形、正方形五個陀翼。

2. 用木條，鈎子，螺帽，橡皮筋等製作轉動機。

3. 將陀翼用螺帽固定在轉動機的先端。

4. 將陀翼向同一方向旋轉 40 次，使聯結在後面的橡皮筋跟著捲緊起來。

5. 將壓住陀翼的手指放開，使陀翼回轉至停止，並用碼錶測量其回轉的時間。

結果：其旋轉時間順序為

正方形 > 正五邊形 > 正六邊形 > 正八邊形 > 圓形

(3.99 秒 > 3.88 秒 > 3.66 秒 > 3.54 秒 > 3.4 秒)

說明：因為在空氣中做實驗，旋轉時間相差很少，因此再將同樣的陀螺放入阻力較大的水中做實驗。

方法丙：操作方法與實驗乙相同，其中所不同的是經捲動 40 次的轉動機插進水深 10 公分的水槽，使之在水中轉。

結果：其旋轉時間順序為

正方形 > 正五邊形 > 正六邊形 > 正八邊形 > 圓形
(26.73 秒 > 23.86 秒 > 20.5 秒 > 16.93 秒 > 13.4 秒)

問題(三)：陀螺陀翼的大小不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法甲：以雙層卡紙半徑 2—8 公分的 7 個圓為陀翼，以圓心做中心，用牙籤做軸，陀翼固定在離地 1cm 處，用手搓動軸，使其旋轉並計時。

結果：其旋轉時間順序為

半徑 (6cm > 7cm > 5cm > 8cm > 4cm > 3cm > 2cm)
(44秒 > 39秒 > 33秒 > 29秒 > 28秒 > 23秒 > 16秒)

方法乙：以雙層卡紙半徑 2—11cm 的 10 個圓為陀翼，用短鉛筆做軸，用手搓動軸，使其旋轉並用碼錶計時。

半徑 (10cm > 9cm > 11cm > 8cm > 7cm > 6cm > 5cm
> 4cm > 3cm > 2cm)
(42秒 > 33秒 > 31秒 > 30秒 > 27秒 > 23秒 > 22.6 秒
> 20秒 > 8 秒 > 3 秒)

問題(四)：陀螺陀翼的厚薄不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法：切 15 個半徑 5cm 的圓形，分別用膠水黏出 1 至 5 層的五個圓形陀翼的陀螺，用手搓動軸，使其旋轉並計時。

結果：其旋轉時間順序為

陀翼 (四層 > 五層 > 三層 > 二層 > 一層)
(52秒 > 41秒 > 39秒 > 32秒 > 16秒)

問題(五)：陀螺陀翼的質量分佈不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法甲：1. 將雙層卡紙切成半徑 5cm 的圓兩個。

2. 用雙層卡紙切出 4 個半徑 5cm 的圓，將其圓內半徑 3.5cm 的圓切掉。

3. 將 2. 的 2 個圓圈，貼在半徑 5cm 的圓外圍的下面。

4. 將 2. 的 2 個圓圈，貼在另一個圓外圍的上面。

5. 以牙籤為軸，做成 2 個質量相等但分佈不同的陀螺。

6.用手搓動軸，並用碼錶計時。

結果：其旋轉時間順序爲

外圍下面加 4 層 > 外圍上面加 4 層
(74 秒 > 52 秒)

方法乙：1.將雙層卡紙，切出半徑 5cm 的圓形 3 個。

2.第一個圓外圍下面黏上 (直徑 10cm 的圓，將中間直徑 8cm 的部份切去) 圓圈 4 個。

3.第二個圓形中圈的下面，黏上 (直徑 8cm 的圓，將中間直徑 4cm 的部份切去) 圓圈 3 個。

4.第三個圓形的內圈下面，黏上直徑 4cm 的圓 9 個。

5.用牙籤做軸，做成 3 個質量相等但分佈不同的陀螺。

6.用手搓動軸，並用碼錶計時。

結果：其旋轉時間順序爲

外圍下面加重 > 中圈下面加重 > 內圈下面加重
(60 秒 > 35 秒 > 20 秒)

方法丙：1.在雙層的卡紙上，切下一個半徑 5cm 的圓。

2.在單層的卡紙上，切下二個半徑 5cm 的圓，以圓心爲準，在圓內畫出寬 1cm 互相垂直的直徑 2 條，如圖 ⊕，以圓心旁的正方形頂點各畫出等腰 (邊長 3cm) 直角三角形，將兩腰切開，把三角形往外摺並黏住。

3.用牙籤做軸，穿過 1, 2 兩圓，做成質量分佈不同的兩個陀螺，以手指搓動軸，並計時。

結果：其旋轉時間順序爲

中間挖 4 個洞 > 實心
(42 秒 > 36 秒)

方法丁：1.在雙層卡紙切出 4 個半徑 5cm 的圓。

2.在雙層卡紙上切出 14 個半徑 5cm 的圓，並將圓內中間半徑 4cm 的部份剪去，成爲寬 1cm 的圓圈。

3.在第 1 個圓的外圍下面加 2 個 2 所做的圓圈。在第 2 個圓的外圍下面加 3 個 2 所做的圓圈。在第 3 個圓的外圍

下面加 4 個 2 所做的圓圈。在第 4 個圓外圍下面加 5 個 2 所做的圓圈。

4. 以牙籤做軸，分別穿過四個圓，用手指搓動軸並計時。

結果：其旋轉時間順序為

8 層 > 10 層 > 6 層 > 4 層
(69 秒 > 61 秒 > 58 秒 > 53 秒)

問題(六)：陀螺陀翼的軸心粗細不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法：在雙層卡紙上切出半徑 5cm 的圓 3 個，分別在其圓心穿過 0.2cm，0.3cm，0.4cm 的竹製軸心。用手搓動軸並計時。

結果：其旋轉時間順序為

軸心 (0.2cm > 0.3cm > 0.4cm)
(25 秒 > 19 秒 > 11 秒)

問題(七)：陀螺陀翼的軸心尖、鈍不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法甲：1. 在雙層卡紙上切出半徑 5cm 的圓 2 個。

2. 將兩個圓，一個陀翼固定在尖端 1cm 處，一個固定在鈍端 1cm 處，用手搓動軸並以碼錶計時。

結果：其旋轉時間順序為

鈍 > 尖
(31 秒 > 25 秒)

方法乙：與方法甲同，只將陀翼半徑改為 2cm。

結果：其旋轉時間順序為

鈍 > 尖
(11 秒 > 8 秒)

問題(八)：陀螺陀翼的軸心在陀翼上的位置不同，怎樣影響陀螺旋轉？

方法：切出半徑 5cm 的圓 4 個，用牙籤分別穿過圓心，離圓心 0.5cm，1cm 及 1.5cm 處，用手搓動軸，並以碼錶計時。

結果：其旋轉時間順序為

在圓心 > 離圓心 0.5cm > 離圓心 1cm > 離圓心 1.5cm
(32 秒 > 6 秒 > 1.6 秒 > 1.3 秒)

問題(九)：陀螺陀翼在軸心上的位置不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法甲：1.切出半徑 5cm 的圓 4 個，將陀翼分別固定在軸心離地 1cm，2cm，3cm，4cm 的地方。

2.用手搓動軸，並以碼錶計時。

結果：其旋轉時間順序為

陀翼離地 (1cm > 2cm > 3cm > 4cm)

(32秒 > 23秒 > 18秒 > 8秒)

方法乙：切出半徑 2cm 的圓 4 個，將陀翼固定在軸心離地 0.5cm，1cm，1.5cm，2cm 的地方，用手搓動軸，並計時。

結果：其旋轉時間順序為

陀翼離地 (0.5cm > 1cm > 1.5cm > 2cm)

(16秒 > 10秒 > 7秒 > 5秒)

問題(十)：陀螺軸心的接地點粗、滑不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法：1.切一個半徑 5cm 的圓，用牙籤做軸，陀翼固定在鈍端 1cm 處，再將另一端離陀翼 1cm 處切斷，做成軸心兩端粗、滑不同的陀螺。

2.分別以粗、滑兩端為接地點，用手搓動軸並計時。

結果：其旋轉時間順序為

軸心接地點 (滑 > 粗)

(32秒 > 17秒)

問題(十一)：接觸面的粗、滑不同，怎樣影響陀螺的旋轉？

方法：將半徑 5cm 的陀螺，分別在玻璃、細砂紙、粗砂紙上旋轉並計時。

結果：其旋轉時間順序為


在玻璃上 > 在細砂紙上 > 在粗砂紙上

(32秒 > 17秒 > 15秒)

問題(十二)：以牙籤為軸心，雙層卡紙為陀翼，怎樣可使陀螺轉得最久？

說明：從前面一連串的實驗中，我們知道紙陀螺，陀翼圓形，半徑 6cm，中間挖洞，軸心在圓心，軸心接地點光滑，外圍下面加重最好。但不知半徑 6cm 的陀翼外圍要加幾層旋轉效果會

最好，因此，我們繼續做本實驗。

- 方法：1.切出半徑 6cm 的圓 4 個，以圓心為準，在每個圓內畫出寬 1cm 互相垂直的直徑 2 條。然後以圓心為準，在圓內畫出半徑 5cm 的圓，其形狀為 ，然後將十字形及外圍 1cm 處留下，其餘的部份用筆刀切去。
- 2.在單層卡紙上切出 28 個半徑 6cm 的圓，然後以圓心為準，將圓內半徑 5cm 的部分切去。
- 3.將 2 所做的圓圈，分別用膠水黏 4 個，6 個，8 個，10 個圓圈在 1 所做的 4 個圓圈上。以牙籤為軸，分別穿過圓心。
- 4.用手搓動軸並計時。

結果：其旋轉時間順序為

外圍 1cm 加 (6 層 > 8 層 > 10 層 > 4 層)
(100 秒 > 93 秒 > 85 秒 > 82 秒)

五、討 論

- (一)從製作陀螺的過程中，我們發現紙陀螺軸心的正或斜及陀螺的平穩是影響陀螺旋轉最重要的因素。因此將筆刀裝在圓規上切圓，及做好的紙陀螺軸心固定於塑膠盒上是做好紙陀螺的先決條件。
- (二)從問題(一)的實驗結果得知，同一個陀螺，在接觸面滑的地面旋轉，其旋轉時間久。且陀螺重心較穩的，旋轉的時間也較久。
- (三)從問題(二)的實驗方法甲得知，形狀愈接近圓形的陀翼，旋轉的效果愈好。
- (四)從問題(二)的實驗乙、丙得知，在空氣中或水中，圓形陀翼的阻力最小。
- (五)從問題(三)的實驗結果得知，要做好紙陀螺，陀翼的大小必須隨軸心的粗細而改變。
- (六)從問題(四)的實驗結果得知，轉動陀螺的力量一定時，陀翼的厚薄是有一定的限制。
- (七)從問題(五)的實驗結果得知，陀翼加重時，以加在陀翼下面的外圍

- 旋轉效果最好。
- (八)從問題(五)的實驗結果得知，旋轉的力量一定時，外圍下面加重也有一定的限制。
- (九)從問題(六)的實驗結果得知，好的陀螺，陀翼的大小，和軸心的粗細是有相互關係的。
- (十)從問題(七)的實驗結果得知，以牙籤為軸，不管是陀翼半徑 5cm 或 2cm，都以軸心接地點鈍的為佳。
- (十一)從問題(八)的實驗結果得知，紙陀螺以軸心在陀翼的圓心的，旋轉效果最好，軸心離圓心愈遠，旋轉效果愈差。
- (十二)從問題(九)的實驗結果得知，紙陀螺，只要旋轉時陀翼不碰到地面，陀翼愈接近地面的，旋轉效果愈好。
- (十三)從問題(十)的實驗結果得知，紙陀螺軸心接地點滑的比粗的旋轉時間長。
- (十四)從問題(十一)的實驗結果得知，紙陀螺，在玻璃上旋轉的，其旋轉時間最長，細砂紙次之，粗砂紙最差。可見接觸面粗的，所受的摩擦力大，旋轉的時間短。接觸面滑的，所受的摩擦力小，旋轉的時間長。
- (十五)從問題(一)至(十三)的實驗結果得知，以牙籤為軸，雙層卡紙為陀翼的陀螺為半徑 6cm，陀翼中間挖洞，外圍 1cm 下面加 6 層的陀螺旋轉效果最好。最高可旋轉 110 秒，平均也超過 100 秒以上。

六、結 論

- (一)一個好的紙陀螺，必須具備下面幾個條件：
1. 軸心接地點要鈍而光滑。
 2. 軸心要在陀翼的圓心。
 3. 軸心的粗細要與陀翼的大小相配合。
 4. 陀翼的形狀為圓形。
 5. 陀翼的中間要挖洞。
 6. 陀翼的外圍下面要加重。
 7. 陀翼以（陀翼不碰到地），離接觸面愈近愈好。

8.軸心要正。

(二)陀螺旋轉的良好環境爲：

- 1.接觸面要光滑。
- 2.空氣的阻力要小。

七、參考資料

(一)迷你科學圖書館(3)力的原理(28頁，福祿壽興業公司出版，69.4)。

(二)中華兒童百科全書(5)1548頁 陀螺。

評 語

- 1.運用歸納法研究「怎樣才能做出轉得更穩，更久的陀螺」。
- 2.研究步驟正確，內容詳盡，結論正確，也很合理。舉凡陀螺的質量、大小、形狀等影響陀螺旋轉的因素均予考慮。
- 3.表達很清晰。