

花蓮縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

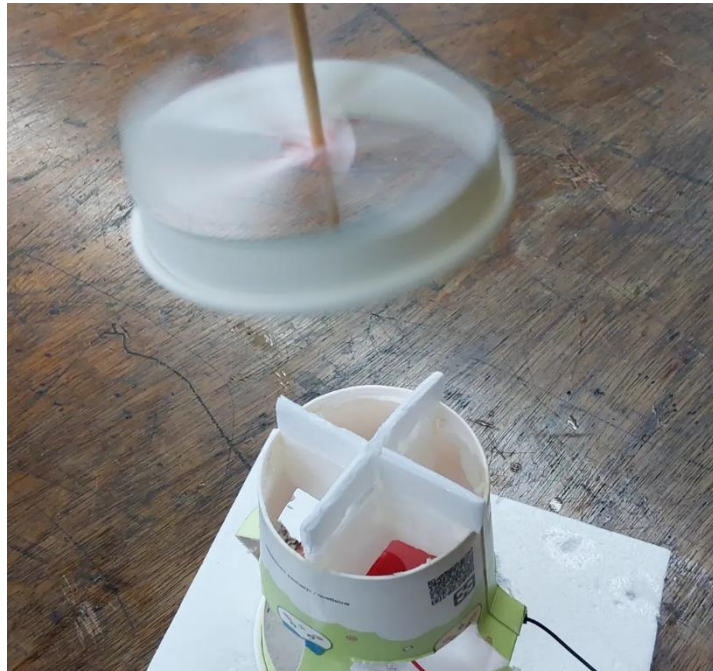
科別:物理科

組別:國小 B 組

作品名稱:探討旋轉在空氣中的陀螺～迴旋幽浮

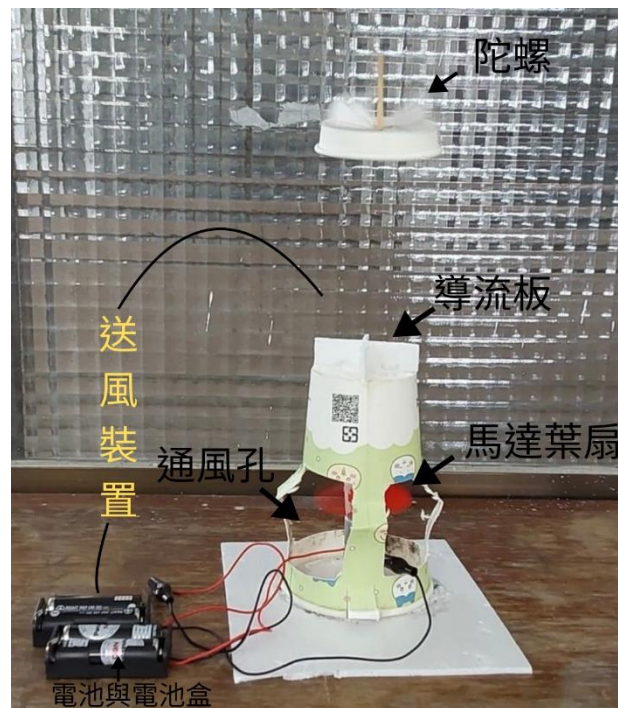
關鍵詞：迴旋幽浮、康達效應

編號:



作品名稱：探討旋轉在空氣中的陀螺～迴旋幽浮

摘要



起初一開始，我們在網路上見到這個有趣的競賽作品，陀螺就像是幽浮旋轉在空中。觀看到「胡子 Huzi 」 Youtube 頻道時，發現到了許多的製作秘訣，而它的標題取了迴旋幽浮，因此我們取樣並定為題目。在經過許多的測試，從失敗到成功，我們發現了許多使迴旋幽浮陀螺懸浮的關鍵，和陀螺與導流板及風速的關係。以下是我們得出的結論：1.使陀螺旋轉在空中的電池數量大約是陀螺重的 2 倍，且可以轉速與直流電電量(v)的規律算出風速。2.通風孔是為了排出多餘的流體，因此有通風孔的迴旋幽浮整體，對陀螺旋轉狀況較好。3.陀螺的最佳比例是：扇形角度 60 度、葉片角度 40 度，陀螺高 3 公分。導流板能將風集中，且在周圍製造小型旋風，經過實驗發現，四片型的導流板對陀螺旋轉狀況較佳。4.要讓迴旋幽浮陀螺穩定旋轉，送風裝置與陀螺旋轉位置要在中心。

壹、前言

一、動機與目的

我們在網路上看到「遠哲科學競賽」中的「御風飛行」這個題目，它以日常生活中的杯子、紙與竹籤為材料的陀螺，旋轉在空中很像幽浮，因此感到很驚奇。我們參考「胡子 Huzi」Youtube 頻道中所做的「迴旋幽浮」並取樣將此定為題目。查看製作影片時發現，許多人做出的作品無法懸浮在空中，因此我們想找出能讓迴旋幽浮旋轉在風中的方法和製作方式。故在這個實驗中，我們也就要找出使迴旋幽浮，旋轉在風中的必要條件與關聯性。

二、文獻回顧

迴旋幽浮是由杯子、紙和竹籤組成的陀螺和風扇產生向上的風和旋轉的陀螺與擋風版組成，並使陀螺懸浮的競賽作品。（遠哲科學競賽）

台北縣（新北市）興南國民小學「好玩幽浮氣流中物體飄浮現象的探討」此科展題目使用了吹風機、塑膠管與其他物體進行針對物體穩定漂浮及導流並運用白努力定律的實驗。在實驗八中，他們做出了一個探討飄浮力變化的實驗，得出了氣流會影響物體漂浮走向的結論。此實驗提到了使物體懸浮在空中的條件：懸浮物在中心線上，四方壓力平衡，以達到穩定懸浮。重量要小於氣流產生的浮力。壓力、浮力、重力達到平衡，物體就會穩定懸浮。

此研究會運用到的原理：

浮力：流體會給物體一個向上的作用力，及物體在流體中減輕的重量，稱為浮力（翰林雲端學院）。浮力公式： $F=G$ 或在進一步化為 $F=\rho \times g \times V$ ，前者 F 為浮力， G 為排開流體的意思。後者 F 為浮力， ρ 為流體， $g \times V$ 為排開流體的意思。（維基百科）

氣壓：是指空氣的重量對物體施加的壓力。由於空氣具有質量，地球重力會將大氣層中的空氣向下壓，使得地面上的物體受到來自空氣的壓力，來源為單位面積上的大氣壓力。（維基百科）

康達效應（附壁效應）：是指流體在流經曲面時，會趨向於貼附在該表面並隨之流動的現象。這是由於流體的黏性及壓力差所造成的。當流體流經彎曲表面時，

表面附近的流體因為黏性作用而被「拉」向表面，同時低壓區形成，使得流體更傾向於貼附並沿著表面流動，而不是筆直前進或直接脫離。(維基百科)

伯努力定律：移動的流體和不動的流體，前者的壓力更低，也就是流體流速越大，產生的壓力越小。也能用牛頓的能量守恆觀念「動能＋位能＝定值」推導出「動能＋壓力＝定值」，伯努力定律方程式： $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{常數}$ ，其中 P 是流體壓力， ρ 是流體密度， v 是流體速度， g 是重力加速度， h 是高度。這個方程表示，在流體流動的過程中，壓力能量、動能、重力位能的總和保持不變。(維基百科)

風速：空氣相對於地球每一地點的運動速率，稱為風速。

貳、研究設備、器材和材料

材料：

1. 風力陀螺轉軸(建議使用牙籤)
2. 葉扇
3. 紙杯、湯碗
4. 電池及電池盒
5. A4 紙

器材：

1. 黏著劑：三秒膠、雙面膠、膠帶等黏膠
2. 量測工具：直尺、筆等工具
3. 裁剪工具：剪刀、美工刀、圓規刀、剪線器、切割墊

設備：

1. 照相工具(攝影紀錄)
2. 小馬達
3. 送風機

參、研究過程

一、實驗過程

實驗剛開始我們運用「好玩幽浮氣流中物體飄浮現象的探討」此科展文獻中提到了壓力、重力、浮力達到平衡時，物體就會穩定懸浮的原理，於是我們做出1.5~10g 重的陀螺，並持續在馬達加入電池，使風力變大，最終找出每種重量的陀螺與風力大小的關係，並測試能否推測出風速。

到實驗二，我們在製作實驗時常會有陀螺以不穩定的狀態旋轉在空中，因此我們去觀看網路上的製作影片，發現他們會在杯底剪出四個對稱的長方形，所以我們做出了一個沒有通風孔的迴旋幽浮整體，和一個有通風孔的迴旋幽浮整體，將兩者的陀螺旋轉狀況進行比較。

在實驗三，我們想知道陀螺的最佳樣式，因此我們不斷地測試及改良，最終終於找出陀螺的最佳扇型角度、葉片角度和環狀的高度長。

到實驗四，因為我們發現許多人在製作迴旋幽浮時，會將稱為「導流板」的板子固定在杯子中，因此我們想知道，導流板對於迴旋幽浮陀螺的影響。我們將迴旋幽浮杯口中插入導流板，並觀察陀螺的旋轉狀況，再將導流板拿出，觀察陀螺的旋轉狀況。因為在實驗四中，我們發現有插入導流板的迴旋幽浮整體，陀螺的旋轉狀態較好，所以我們想知道導流板的數量和樣式，跟陀螺的關係。我們將十字、米字的導流板做出來，後將陀螺葉片數量不同陀螺，依序放上旋轉，觀察陀螺與導流板數量的關係。

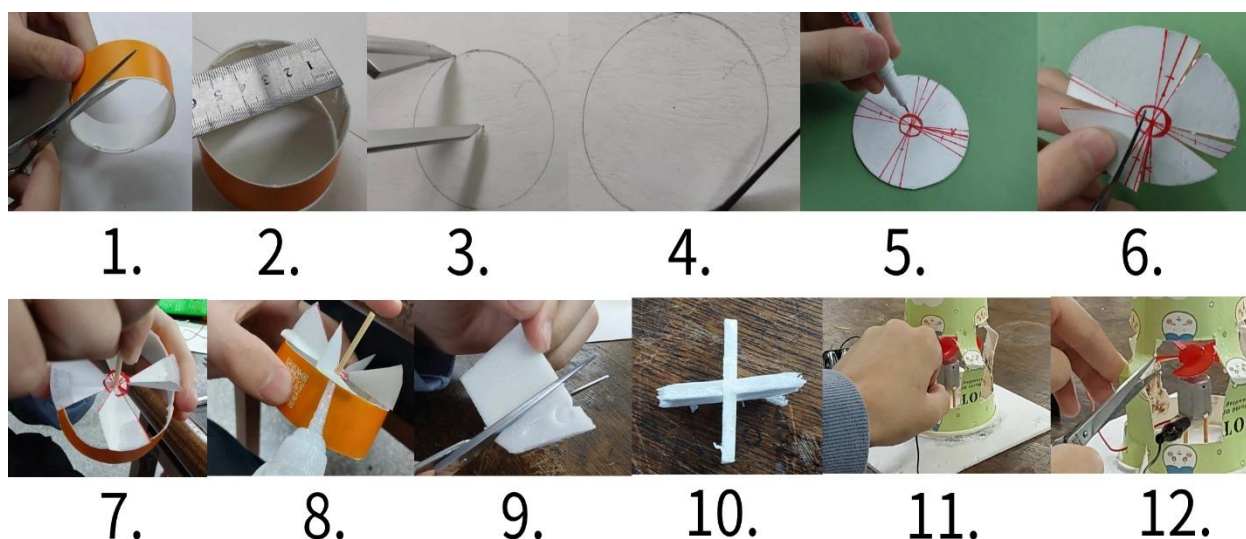
至實驗六，我們得出了風力大小、陀螺、通風孔和導流板實驗的結論，但在實驗時，也常會有陀螺一轉就直接倒下的現象，因此我們猜想是因為「擺設與位置」的問題，所以進行實驗。我們將馬達風扇和導流板依序改動位置，接著也測試陀螺一開始轉動的位子。

二、實驗一：迴旋幽浮風速與陀螺重量的關係。

（一）目的：根據「好玩幽浮氣流中物體漂浮現象的探討」此科展文獻中所得的原理，計算出使迴旋幽浮陀螺旋轉在空中的風力大小。

（二）實驗設計：

1. 將紙杯裁剪成環狀。(圖一)
2. 在 A4 紙上畫出圓，並用圓規在圓上畫出四個相對的扇型以及在中心畫出一個小圓，後裁剪。(圖一)
3. 使用快乾將圓環和圓上下組合，且要注意陀螺每邊配重要相同。(圖一)
4. 在陀螺中央插上竹籤，並與陀螺保持垂直以及留下旋轉陀螺的竹籤長度(竹籤長度不得太長或太短)。(圖一)
5. 秤陀螺的重量。
6. 將 1.5~10g 的陀螺都做出來。
7. 將杯子底部留下些許長度(建議 1.5 公分)並在正上方剪出四個相對邊的長方孔，且不得全部剪下。(圖一)
8. 在實心細板子(硬材質)上剪出兩塊與排氣孔上方空間一樣長的板子，並用快乾黏合成十字形。(圖一)
9. 將馬達風扇設置在杯子正下方。(圖一)
10. 測試使各種重量的陀螺旋轉在風中的最小與最大風力大小。在此實驗讓馬達運轉的是電池，因此紀錄時是以電池數量來表示(每顆電池的的電量都要是滿電)。
11. 在 Exel 表格中將數據顯示出來。



圖一、迴旋幽浮製作過程

三、實驗二：迴旋幽浮有無通風孔對迴旋幽浮陀螺的影響。

(一) 目的：發現網路上的迴旋幽浮杯底會有四個對稱的長方形，作為通風孔，因此想知道有無通風孔對迴旋幽浮陀螺的影響。

(二) 實驗設計：

1. 在迴旋幽浮杯子底端剪出四個對稱的長方形，作為通風孔。(圖一)
2. 將陀螺在上方進行旋轉，觀察旋轉情形。
3. 把剪下的長方形，重新貼回杯子。
4. 觀察陀螺的旋轉情形。
5. 觀察有無通風孔對陀螺的旋轉狀態的影響。

四、實驗三：迴旋幽浮陀螺樣式

(一) 目的：找出容易旋轉在空中的陀螺比例。

(二) 實驗設計：

1. 在 A4 紙上用圓規畫出一個圓，並在圓上畫出四個相對的 10 度扇型，最後全部裁剪下來。
2. 將杯子裁剪成高約 2 公分的環狀。
3. 用快乾將圓和環狀上下黏和，並確保陀螺重心是平均的。(圖一)
4. 在陀螺中央插入竹籤，並確保與陀螺垂直以及要竹籤長度要保留旋轉陀螺的長度(不得太長或太短)。(圖一)
5. 陀螺進行測試。
6. 先持續做出陀螺圓的樣式不變，但環狀高較短的陀螺，再做出幾個環狀較高的陀螺，並進行測試。
7. 得出較好的環狀高度後，做出數個環狀高不變，但陀螺圓中的扇型角度變小的陀螺，再持續做出扇型角度較大的陀螺，並進行測試。
8. 最終觀察陀螺較佳的環狀高度及圓的扇型角度。



圖二、實驗三示意圖

五、實驗四：迴旋幽浮有無導流板的差異

（一）目的：在觀看「胡子 Huzi」的 YouTube 影片時，看到他會再迴旋幽浮整體上放置十字的導流板，所以我們想知道迴旋幽浮有無導流板的狀態與差別。

（二）實驗設計：

1. 在實心細紙板（硬質）上畫出一個與排氣孔上方長度一樣的梯形，後黏和成十字型。（圖一）
2. 將導流板插入杯子中，並觀察陀螺在上方旋轉的狀況。
3. 把導流板拿出，觀察沒有導流板陀螺的旋轉狀況。

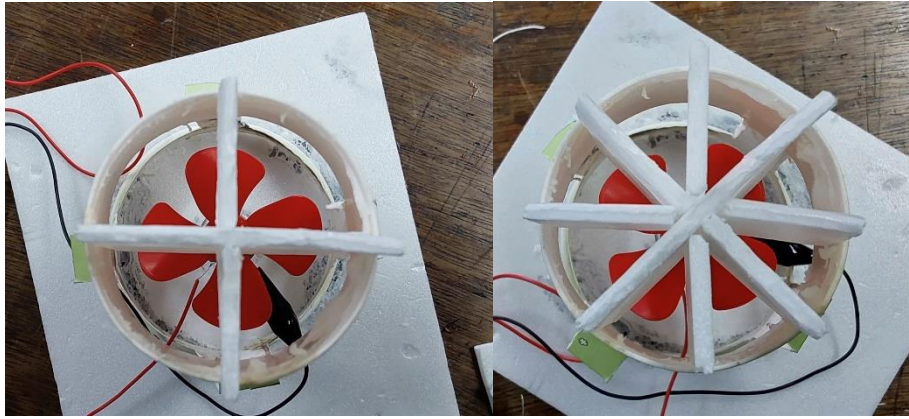
六、實驗五：迴旋幽浮導流板與陀螺的關係

（一）目的：在實驗四中知道在迴旋幽浮中放置導流板，會有正面的影響，因此我們想找能使出迴旋幽浮成功旋轉在空中的導流板因素。

（二）實驗設計：

1. 做出一個十字導流板（圖一）。

2. 做出一個米字導流板。
3. 風力調整成與陀螺重量旋轉在空中的最小風力。
4. 依序插入兩種導流板，同時測試不同葉片數量的陀螺。
5. 觀察導流板與陀螺的關係。



圖三、實驗五示意圖

七、實驗六：迴旋幽浮馬達葉扇、導流板、杯子和陀螺轉動的放置位置

（一）目的：在進行實驗時，常會有一啟動，陀螺就往某方向墜落的現象，因此我們想找出，迴旋幽浮各個裝置的最佳放置地。

（二）實驗設計：

1. 做出三種分為中心偏右、偏左和正中心的導流板。
2. 導流板樣式以中心樣式進行，並位置不變，將馬達從左（右）到右（左）依序放置到不同位置。
3. 將陀螺轉動時，測試三次，轉動位置分為：偏右、中心和偏左。
4. 換上另一種導流板樣式，位置不變，馬達從左（右）到又（左）依序放置到不同位置。
5. 將陀螺轉動時，測試三次，轉動位置分為：偏右、中心和偏左。
6. 換上與前兩者不同樣式的導流板，並位置不變，馬達從左（又）到右（左）依序放置到不同位置。
7. 將陀螺轉動時，測試三次，轉動位置分為：偏右、中心和偏左。
8. 將實驗結果記錄下來。

肆、實驗結果

一、 實驗一：迴旋幽浮風力大小與陀螺重量的關係。

我們將 1.5g~10g 的陀螺做出來，並觀察每顆陀螺所需的風力大小後，我們把觀測出的結果用表格的方式呈現出來。

操縱變因	電池數量
控制變因	陀螺重量和每顆電池的電量
應變變因	陀螺重量與風力大小的關係

表一、實驗一變因

陀螺重量 (g)	電池數量 (顆)	風速(m/s)
1.5	3	3.75
2	4	7.5
2.5	5	9.375
3	6	11.25
3.5	7	13.125
4	8	15
4.5	9	16.875
5	10	18.75
5.5	11	20.625
6	12	22.5
6.5	13	24.375
7	14	26.25
7.5	15	28.125
8	16	30
8.5	17	31.875
9	18	33.75
9.5	19	35.625
10	20	37.5

表二、風力大小與陀螺重量的關係表

在表格中會發現，重量是 1.5g 時，滿電的電池量會是 3 顆，也就是兩倍。電池一顆是 1.5v，乘以重量就會是讓陀螺旋轉在空中的電池數量，而考慮到葉扇的樣式可能影響到風速及風壓，所以在此實驗我們使用的一直是直徑 6 的四片型葉扇。最終我們得出，要使陀螺旋轉在空中的電池，至少要是陀螺重量的兩倍電，且可以通過計算得出大約的風力大小。我們使用的馬達是 RS-130，且葉扇直徑 6 公分。以陀螺 1.5g 重的陀螺來計算。一顆電池是 1.5V，經過實驗知道三顆電池才能旋轉在空中，三顆電池是 4.5V，而市面販售的馬達與葉扇轉速大約是 1.5V—2500RPM，所以是：3×2500RPM=7500RPM。但是，我們想得出的是風速，因此又繼續計算，以下是計算過程：

$$7500\text{RPM}=60 \text{ 分之 } 7500=125\text{RPS}$$

$$\text{葉扇半徑：} 6 \div 2=0.03 \quad \text{葉片線速:} 125\text{RPS} \times 0.03\text{m}=3.75\text{m/s}$$

所以如果要以陀螺重量推測出讓它旋轉在空中的風速，可以用轉速與直流電形成正比的特性，進行計算。依照剛才的計算可知要讓 1.5g 重的陀螺旋轉在空中，約需要 3.75m/s 的風速。但由於我們使用的是四片型葉扇，所以葉扇的角度和葉片的空隙，都會影響到風速，因此風速可能會略低於 3.75m/s。我們將所有的陀螺風速與重量的數據都算好後，發現重量與風速會有規律性的關係： $3.75\text{m/s} \div (3 \times 1.5)=1.25$ 。發現要使陀螺旋轉在風中的風速，大約要是電量的 1.25 倍。

二、實驗二：有無通風孔對迴旋陀螺的影響。

我們發現前人會把杯底剪出四個相對的長方形，當作通風孔，因此我們進行對比性實驗。

操縱變因	通風孔
控制變因	風速、陀螺、杯子和導流板
應變變因	陀螺的旋轉狀況

表三、實驗二變因

最後我們發現，有通風孔對迴旋幽浮陀螺的旋轉狀況較佳，而在實驗時也發現，通風孔是為了將風適當排出，若沒有通風孔，風就會在杯子裡循環，變成亂流，以至陀螺不穩定，所以在此實驗我們得出的結論是：有通風孔的迴旋幽浮整體對陀螺旋轉在空中的狀況較佳。

三、實驗三：迴旋幽浮陀螺樣式

在實驗三我們為了找出，陀螺在風中旋轉的最佳比例，所以不斷進行實驗與測試。最終我們將得出的結論設置成表格。

操縱變因	陀螺葉片角度和扇型角度
控制變因	風速和陀螺重量
應變變因	陀螺旋轉狀況

表四、實驗三變因

扇型角度	旋轉時間（秒）
10	6.2
20	8
30	8.3
40	10.1
50	10.6
60	10.9
70	10

表五、陀螺扇型角度與旋轉時間

陀螺葉片角度	旋轉時間（秒）
10	13
15	13.3
20	13
25	13.9
30	15.6
35	17
40	17.4

表六、陀螺葉片角度與旋轉時間

陀螺高(公分)	旋轉時間（秒）
1	16
2	16
3	16.2
4	16
5	16
6	15.5
7	15.2

表七、迴旋幽浮陀螺高與旋轉時間

在三個表格中能得出陀螺的最佳比例分別是：陀螺扇型 60° ，陀螺葉片 40° ，陀螺高 3cm。在這個實驗中我們還有發現其他使陀螺穩定旋轉的關鍵。在製作陀螺時我們發現陀螺的重量分佈要平均，因此我們都使用快乾等，液體重量較輕的黏著劑。也發現陀螺葉片如果是往右展開，馬達的葉扇就要往反方向旋轉，且根據康達效應，流體在經過物體表面時會產生摩擦，以產生往前推動力，所以在旋轉時也要往與馬達葉扇相反的方向旋轉。

四、實驗四：有無導流板對迴旋幽浮陀螺的影響

在網路觀看到有人會將一個十字型的板子放置到杯子中央，被稱作「導流板」，因此我們想知道，有無導流板對迴旋幽浮陀螺的影響。

操縱變因	導流板
控制變因	風速與陀螺
應變變因	陀螺旋轉狀況

表八、實驗四變因

我們在經過實驗後，發現導流板是為了將風集中，以更好利用流散出的風，最終

在實驗過後我們得出結論：有導流板的迴旋幽浮對陀螺的旋轉狀況更好。

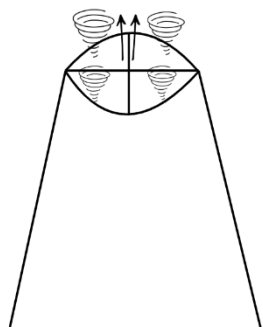
五、實驗五：導流板與陀螺的關係

在實驗四時我們得出了導流板能將風集中的原理，於是到了實驗五我們想知道陀螺與導流板的關係。

操縱變因	導流板與陀螺
控制變因	風速
應變變因	陀螺旋轉狀況

表九、實驗五變因

我們將四片型葉扇的陀螺，旋轉在有十字形導流板的迴旋幽浮杯子的上空，發現能穩定旋轉，而在有米字形導流板的杯子上空旋轉時，卻發現陀螺會以「公轉」的方式持續掉下，於是又測試有八片葉片的陀螺，發現狀況一樣。我們在經過不斷的實驗與討論時，最終終於發現，雖然導流板能將風集中，但在同時側邊也製造出了小形旋風(如圖五)，以幫助陀螺葉片產生推力，並有旋轉的現象，而在放置有八片導流板的迴旋幽浮時，會因為旋風的過多，而產生抵銷的現象，最終只能讓陀螺以公轉的方式落下。所以我們最終得出四片導流板會是迴旋幽浮的最佳導流板比例。



圖五、導流板原理示意圖

六、實驗六: 迴旋幽浮馬達葉扇、導流板、杯子和陀螺轉動的放置位置

在經過實驗一到五，我們做了各種不同的實驗，但在實驗的過程中，我們常會有，陀螺在轉動掉下，或往轉動時往某個位置掉下的現象，所以為了進一步知道，這當中的緣故，於是我們進行了實驗。

操縱變因	送風裝置放置位置
控制變因	風速、陀螺樣式
應變變因	陀螺旋轉狀況

表十、實驗六變因

導流板中心位置	旋轉時間
中心	17
偏右	4
偏左	5.2

表十一、導流板放置位置與旋轉時間

馬達葉扇位置	旋轉時間
中心	16.6
偏右	5
偏左	5.1

表十二、馬達葉扇位置與旋轉時間

陀螺轉動位置	旋轉時間
中心	16.9
偏右	直接倒下
偏左	直接倒下

表十三、陀螺轉動位置與旋轉時間

在表格中能發現在表格中能發現要讓陀螺穩定懸浮的方法，是要讓送風裝置和陀螺轉動位置都在中心。在進行實驗時，我們也發現，轉動陀螺時，陀螺要保持水平，且轉動時只要稍微轉動手指部分即可，以免陀螺飛出。

伍、討論：

我們在網路上觀看迴旋幽浮的製作影片，並產生的興趣及疑問，因此進行了一系列的探討研究。從實驗一，我們將不同重量的陀螺做出來，並測試不同重量的陀螺，最少所需的風速，並發現風速除以直流電電量無論重量多少都會是 1.25，也可利用這個特性，算出風速。在實驗二，我們進行了有通風孔和無通風孔的迴旋幽浮對比性實驗，最後發現，有通風孔的迴旋幽浮陀螺旋轉狀況較佳。到實驗三，我們做出了各種不同的陀螺，並進行測試，最終得出最佳比例:葉片角度 40 度、扇形角度 60 度和高 3 公分，也發現陀螺配重要平均和旋轉方向要與陀螺葉片方向相反的現象。

在實驗四，我們在觀看網路影片時發「導流板」，對此進行了有無導流板的對比性實驗，最終發現導流板能集中風，因此有導流板的迴旋幽浮對陀螺的旋轉狀況比較好。在實驗四我們發現導流板能集中風，為了更進一步觀察，所以又以陀螺的葉片數量與導流板數量的關係進行實驗，最後發現有十字形導流板的迴旋幽浮，陀螺旋轉狀況較佳，也發現導流板不只集中風到中央，也在周圍製造出了小型旋風，所以若用較多的導流板，風就會相互抵銷，最終讓陀螺以公轉的方式掉下。

從實驗一到實驗五，我們在進行測試時常會有陀螺剛開始轉動就掉落的現象，因此我們猜測試位置的問題，在最後我們發現要讓陀螺穩定旋轉在空中，送風裝置與陀螺的轉動位置都要在中心，且陀螺轉動時只要稍微轉動手指即可。

陸、結論：

我們在網路上見到這個科學競賽作品，並產生了興趣，從實驗一我們做出許多不同重量的陀螺，並進行測試，接著到實驗二，進行了有無通風孔的對比性實驗，再到實驗三，測試並找出陀螺旋轉在空中的最佳比例，後到實驗四和實驗五，我們進行了有關導流板原理和樣式的實驗，最後實驗六則是因為在進行前面的實驗時，會有陀螺倒下的現象，所以做出了探討放置位子的實驗。

在所有實驗中，得出了許多的結論和原理，最終我們將所有結論都總結敘述出來：

1. 要使陀螺旋轉在空中的電池數量，至少是陀螺重量的 2 倍，而經過計算得知風速會是，使陀螺旋轉的電量的 1.25 倍。
2. 迴旋幽浮的通風孔是為了將風有效排除，以避免風在杯子中產生亂流的現象，所以有通風孔的迴旋幽浮，對陀螺的旋轉狀況較好。
3. 陀螺的最佳比例是：扇形 60 度、葉片 40 度和高 3 公分。
4. 導流板能將風集中到中央，並在周圍形成小型旋風，若放置過多的導流板，就會產生抵銷的狀況，以至陀螺降下。
5. 迴旋幽浮的送風裝置與陀螺旋轉位置都要在正中央，以讓陀螺穩定旋轉在空氣中。

柒、參考文獻資料

何靜玫、林冠華、陳秉君、周育臻、蔡美珍、張政義。好玩幽浮—氣流中物體漂浮現象的探討。台北縣（新北市）興南國民小學。第三十八屆全國中小學科學展覽會說明書。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspxa=21&cat=86&sid=4710>

遠哲科學競賽—御風飛行。取自 <https://www.ytlee.org.tw/Handler/ScienceFileDownloader.ashx?ID=7a13f576-d0a4-4ec0-b4f3-1c55e753bf54>

浮力。維基百科，自由的百科全書。取自 <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/浮力>

氣壓。維基百科，自由的百科全書。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspxa=21&cat=86&sid=4710>

康達效應。維基百科，自由的百科全書。取自 <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/康達效應>

伯努利定律。維基百科，自由的百科全書。取自 <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/伯努利定律>

風速。維基百科，自由的百科全書。取自 <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/風速>