

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

團隊合作獎

032811

3D 指尖陀螺離心機

學校名稱：臺南市立建興國民中學

| | |
|-------------------------|---------------------|
| 作者： 國二 莊詠程 國二 歐翰倫 | 指導老師： 方獻德 林啟鴻 |
|-------------------------|---------------------|

關鍵詞：指尖陀螺、離心機、電磁效應

摘要

在準備科展主題時，發現有團隊利用指尖陀螺來進行離心分離及分析，進一步搜尋發現，有大學團隊利用紙片做成離心機，在非洲協助落後地區進行醫療方面的協助，我們嘗試結合指尖陀螺及離心機的概念，希望完成可以高速、穩定且長時間轉動的離心機，解決離心機高價且必須接通電源的問題，在實驗設計上，先使用磁鐵製造磁場讓指尖陀螺轉動，接著利用線圈及直流電源製作電磁鐵，結合磁簧開關，讓指尖陀螺轉動，找到電流磁場較佳條件後，為了解決指尖陀螺外型及構造不同的問題，列用 3D 列印製作指尖陀螺，完成最後實驗裝置後，結合 3D 列印指尖陀螺，電磁效應與磁簧開關，進行離心分離測試，希望未來可以繼續研究，讓實驗裝置更具有效性及可行性。

壹、前言

一、研究動機：

在準備科展主題時，以「離心機」為主題，搜尋相關的資料，離心機利用高速旋轉進行物質的分離與分析，在研究過程中，是相當重要的研究工具，可是，離心機價格較昂貴，進行實驗討論時，構思有沒有可能利用實驗設計，讓離心裝置達到以下目的：1.方便操作與攜帶，2. 電力供應及更換更簡易，方便學生操作及進行實驗，3. 轉速至少 10000rpm 以上，具有基本的離心效果。有了以上的想法，我們搜尋到有人利用指尖陀螺作為旋轉條件，檢視影片後，發現利用人力來旋轉指尖陀螺，實驗環境的變因太多，轉速不易控制也不穩定，轉動速度會時快時慢，也無法長時間旋轉，後來，我們又搜尋到結合電磁效應及磁簧開關進行轉動的教具，經過討論後，決定結合指尖陀螺，電磁效應，旋轉與離心機的原理，來設計指尖陀螺離心機，在實驗過程中，發現指尖陀螺的外型及結構會影響指尖陀螺的轉動，也沒有放置毛細管的位置，為了克服這個問題，以 3D 列印的方式製作指尖陀螺，透過相關的實驗設計，結合 3D 列印指尖陀螺，電磁效應與磁簧開關，毛細管與旋轉，直流電源(電池)，製作出可以長時間且穩定旋轉的實驗裝置，達到類似離心機的分離與分析功能，克服離心機高價且必須外接交流電源的問題，希望可以讓更多學生利用我們設計離心機進行實驗。

二、研究目的：

- (一)不同的指尖陀螺形狀(二邊形、三邊形及五邊形)的旋轉條件。
- (二)不同的指尖陀螺加磁鐵，在磁鐵磁場環境中的旋轉條件。
- (三)不同的指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。
- (四)3D 列印指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。
- (五)使用 3D 列印指尖陀螺進行離心機測試。

貳、研究設備及器材

一、實驗設備及器材說明：

| | |
|------|---|
| 耗材 | 美工用具、漆包線、電池及電池盒、電線線材、珍珠板、木條及木板、磁簧開關、毛細管、熱熔槍及熱溶膠、滑行軌道 |
| 設備 | 三用電表、強力磁鐵、環形磁鐵、棒形磁鐵、轉速計、數位相機、數位攝影機 拔線器、圓柱裁刀、手持研磨機、小形電鑽 |
| 指尖陀螺 | 不同形狀指尖陀螺、3D 列印指尖陀螺 |

二、實驗器材相片說明：

| | | | |
|---|---|--|---|
| 轉速計 | 環形磁鐵 | 棒形磁鐵 | 強力磁鐵 |
|  |  |  |  |
| 圓柱裁刀 | 拔線器 | 手持研磨機 | 小型電鑽 |
|  |  |  |  |

參、研究過程及方法

一、實驗一、不同的指尖陀螺形狀(三邊形、四邊形及五邊形)的旋轉條件。

(一)實驗步驟：

1.取市售不同的指尖陀螺，以手指撥動，觀察指尖陀螺的旋轉條件並測量轉速，紀錄並分析

(二)實驗相片說明：不同的指尖陀螺

| 二邊形指尖陀螺(2A) | 三邊形指尖陀螺(3A) | 圓形或五邊形指尖陀螺(5A) |
|---|---|---|
|  |  |  |

二、實驗二、不同的指尖陀螺加磁鐵，在磁鐵磁場環境中的旋轉條件。

(一)實驗步驟：

1.從實驗一的觀察發現，二邊形及三邊形指尖陀螺的轉動條件較佳，轉速也較快，在實驗二中，我們嘗試利用磁鐵磁場及手指撥動的外加動力，製造指尖陀螺的轉動條件。

2.取二邊形指尖陀螺(代號：2A)，在邊緣貼上強力磁鐵，在外緣適當位置放置馬蹄形磁鐵，以異極相對的方式放置，以手指撥動指尖陀螺，觀察二邊形指尖陀螺加磁鐵磁場的轉動條件。

3.取三邊形指尖陀螺(代號：3A)，邊緣為尖形，因為無法在外緣固定強力磁鐵，在尖端側邊以雙面泡棉黏貼強力磁鐵，先放置棒形磁鐵，與步驟 2 相同，以異極相斥的方向放置，以手指頭撥動，觀察 3A 指尖陀螺的轉動條件。

4.再取三邊形指尖陀螺(代號：3B)，邊緣為圓形，與步驟 3 相同，在外緣黏貼強力磁鐵，放置二個棒形磁鐵，以手指頭撥動，觀察 3B 指尖陀螺的轉動條件。

5.同步驟 4，將棒形磁鐵改成二個環形磁鐵，環形磁鐵採直立放置及橫向放置，再操作一次，觀察 3B 指尖陀螺的轉動條件。

6.同步驟 5，在 3B 指尖陀螺邊緣的圓洞中，放置強力磁鐵，磁鐵為二個環形磁鐵，以手指頭

撥動，觀察 3B 指尖陀螺的轉動條件。







7.同步驟 6，強力磁鐵放置在 3B 的圓洞內，外部磁場為環形磁鐵，增加環形磁鐵的數量，以手指頭撥動，觀察 3B 指尖陀螺的轉動條件。

(二)實驗相片說明：

1.二邊形指尖陀螺加磁鐵

| | | |
|---|--|---|
| <p>步驟 2： 2A 指尖陀螺加磁鐵</p> | <p>步驟 2： 2A 形指尖陀螺加馬蹄形磁鐵</p> | <p>實驗裝置 3D 設計圖</p> |
|  |  |  |

2.三邊形指尖陀螺

| | | |
|---|--|---|
| <p>步驟 3： 3A 指尖陀螺加磁鐵</p> | <p>步驟 4： 3B 指尖陀螺加棒形磁鐵</p> | <p>步驟 5： 3B 指尖陀螺加環形磁鐵(橫放)</p> |
|  |  |  |
| <p>步驟 5： 3B 指尖陀螺加環形磁鐵(直立)</p> | <p>步驟 6： 3B 指尖陀螺圓洞內放置磁鐵</p> | <p>步驟 7： 放置多個環形磁鐵</p> |
|  |  |  |

三、實驗三、不同的指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。

(一)實驗步驟：

1.製作線圈，取漆包線，另取直徑 8 公分的圓形管子，開始纏繞漆包線，圈數分別為 30、90、180 及 270 圈，再以珍珠板製作底座，以魔帶固定，完成 4 個線圈組。

2.取 2A 指尖陀螺，以木條插入軸心的圓洞中，以熱熔膠固定在底座上，再以雙面泡棉固定線圈組(30 圈)，將磁簧開關以膠帶黏貼在木條上，量取適當位置，讓 2A 指尖陀螺可以以磁力啟動磁簧開關(約 0.5~1.0 公分)，完成實驗裝置後，再接上直流電源，一開始設定電壓為 3 伏特，以手指頭輕輕撥動，製造起始動力，觀察 2A 指尖陀螺的轉動條件，並記錄轉速，測量三次取平均值。




3.同步驟 2，將線圈組的圈數改為 90 圈、180 圈及 270 圈，各測量三次取平均值。

4.同步驟 2~3，將 2A 指尖陀螺改為 3B 指尖陀螺，線圈組的圈數為 30、90、180 及 270 圈，直流電源為 3 伏特，觀察 3B 指尖陀螺的轉動條件，並記錄轉速及電流，測量三次取平均值。


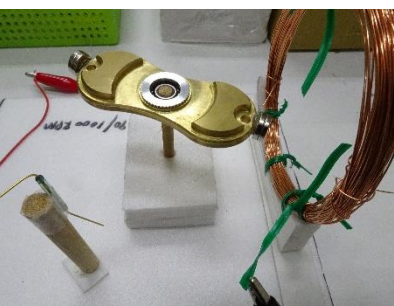

5.同步驟 4，將 3B 指尖陀螺改成 5A 指尖陀螺，再操作一次，觀察並紀錄 5A 指尖陀螺的轉動條件，並記錄轉速。

(二)實驗相片說明：步驟 1.線圈組






| | | |
|---|---|---|
| 270 圈漆包線 | 以珍珠板製作底板 | 將線圈固定在底座上 |
|  |  |  |


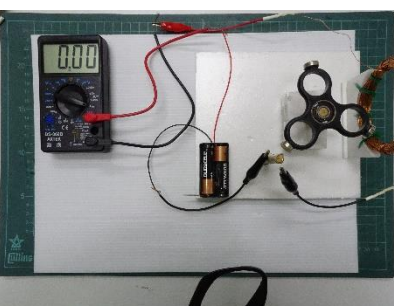
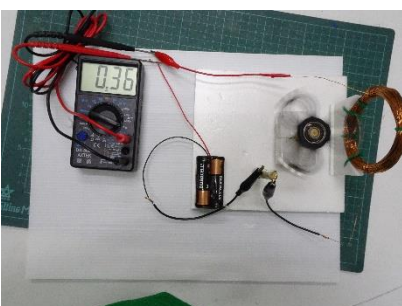
2. 步驟 2：二邊形指尖陀螺(2A)加電流磁場

| | | |
|---|---|---|
| 2A 指尖陀螺加強力磁鐵 | 2A 加磁簧開關及線圈 | 2A 加上直流電源形成電流磁場 |
|  |  |  |

3. 步驟 4：三邊形指尖陀螺(3B)加電流磁場

| | | |
|---|---|---|
| 3B 指尖陀螺加線圈 | 3B 指尖陀螺加線圈及電源 | 接上電源後開始轉動 |
|  |  |  |

4. 步驟 4 測量裝置電流

| | | |
|---|---|---|
| 3B 強力磁鐵與磁簧開關位置 | 以三用電表測量電流 | 電流為 0.36 安培 |
|  |  |  |

4.5A 指尖陀螺加電流磁場



四、實驗四、3D 列印指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。

(一)實驗步驟：

1.觀察並比較實驗一~三的實驗結果，發現不同的指尖陀螺，重量、材質及形狀都不同，軸承的製作條件也不同，造成指尖陀螺間的旋轉條件差異，可以進行分析，但是不容易得到一致性的結果，為了解決這個問題，採取二個解決方法：

(1)價購相同的軸承 10 個，降低指尖陀螺因為軸承的不同，造成旋轉條件的差異。

(2)使用 3D 列印製作指尖陀螺，讓各個葉片的規格相同，降低指尖陀螺因為形狀的不同，造成旋轉條件的不同。

2.經過討論後，參考 3B 指尖陀螺的形狀及大小，先完成指尖陀螺單個葉片的規格，考慮離心機的對稱性，指尖陀螺葉片的數量為 2 個、3 個、4 個及 6 個，完成設計圖後，進行電腦繪圖及 3D 列印。

3.實驗一~三的實驗結果顯示，指尖陀螺在電流磁場的旋轉條件較佳，實驗四的實驗條件進行以下調整：

(1)指尖陀螺改為 3D 列印。

(2)磁場條件為電流磁場。

(3)電源條件改為電源供應器及電池。

(4)電壓條件調整為 3、6、9 及 12 伏特。

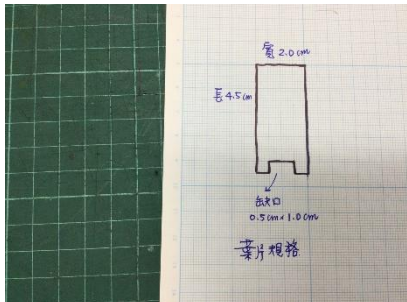
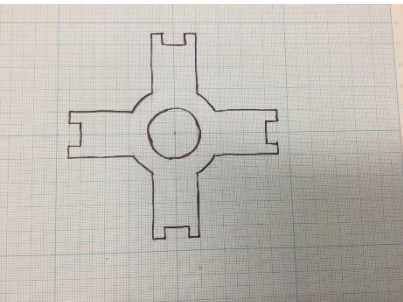
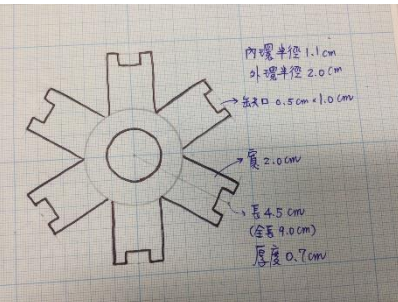
4.為了讓線圈替換容易，實驗裝置增加滑行軌道。

5.同實驗三步驟 2~3，電源調整為電源供應器及電池，電壓條件條件調整為 3、6、9 及 12 伏

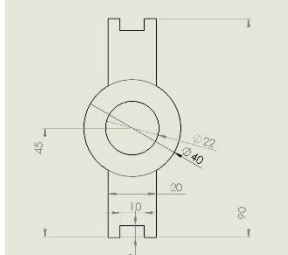
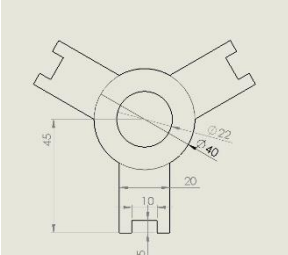
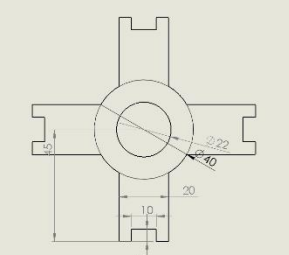
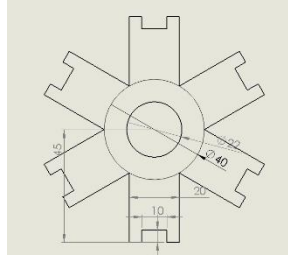
特，線圈維持實驗三的 30、90、180 及 270 圈，指尖陀螺改為 3D 列印，葉片數量為 2 片(代號：2D)、3 片(代號：3D)、4 片(代號：4D)及 6 片(代號：6D)，進行指尖陀螺旋轉測試，測量指尖陀螺轉速，測量三次取平均值，進行轉速的比較與分析。

(二)實驗相片說明：

1.3D 列印指尖陀螺手繪設計圖：

| 葉片規格設計圖 | 4D 指尖陀螺手繪設計圖 | 6D 指尖陀螺手繪設計圖 |
|---|--|---|
|  |  |  |

2. 3D 列印指尖陀螺電腦繪圖：

| 2D 指尖陀螺 | 3D 指尖陀螺 | 4D 指尖陀螺 | 6D 指尖陀螺 |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |

3. 3D 列印指尖陀螺成品：






| 2D~6D 指尖陀螺 | 2D 指尖陀螺 | 3D 指尖陀螺 |
|---|--|---|
|  |  |  |

| | | |
|---|---|---|
| 4D 指尖陀螺 | 6D 指尖陀螺 | 以手持研磨機進行細部修整 |
|  |  |  |




4. 安裝軸承及底座：

| | | |
|--|--|--|
| 安裝軸承 | 完成四個指尖陀螺 | 使用螺絲及螺帽固定 |
|  |  |  |

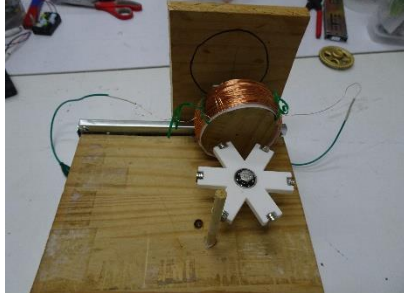


5. 安裝強力磁鐵：

| | | |
|---|---|---|
| 葉片預留強力磁鐵的位置 | 2D 安裝強力磁鐵 | 3D 安裝強力磁鐵 |
|  |  |  |
| 4D 安裝強力磁鐵 | 採用原有軸承的指尖陀螺 | |
|  |  | |



6.調整實驗裝置：

| | | |
|---|---|---|
| 調整磁簧開關位置 | 安裝滑行軌道 | 以木頭固定線圈的位置 |
|  |  |  |

7.進行測試：

| | | |
|--|--|--|
| 實驗裝置完成圖 | 使用轉速計測量轉速-1 | 使用轉速計測量轉速-2 |
|  |  |  |

8.電源：

| | |
|---|--|
| 以電源供應器提供直流電 | 以電池提供直流電 |
|  |  |

9.使用電源供應器進行測試：

| | | |
|---|---|---|
| 6D 及 270 圈 | 啟動後可以轉動 | 使用轉速計測量轉速 |
|  |  |  |

10.使用電池直流電源：

| 6D 及 270 圈 | 使用轉速計測量轉速-1 | 使用轉速計測量轉速-2 |
|---|---|---|
|  |  |  |

五、實驗五、使用 3D 列印指尖陀螺進行離心機測試。

(一)實驗步驟：



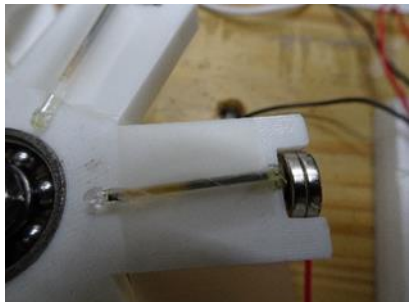
- 1.從實驗四的結果比較與分析，3D 列印指尖陀螺的轉速，以二個葉片(2D)及六個葉片(6D)，轉速較快，採用電池電源產生的電流磁場，較佳電壓為 9 伏特，線圈圈數為 180 圈，實驗五的指尖陀螺離心機測試，以 2D 及 6D 進行離心機測試。
- 2.取玻璃毛細管，以銼刀裁切適當的長度(3 公分)，裁切數十隻備用。
- 3.取研鉢及杵，摘取鴨趾草葉片，以手撕碎後放入研鉢中，研磨成汁，再以滴管吸取 2 毫升鴨趾草汁及 2 毫升水混合。
- 4.取毛細管吸取鴨趾草汁液，再以熱熔膠封住兩端開口，以膠帶固定在指尖陀螺葉片上，將 6D 指尖陀螺固定在實驗四的裝置上，啟動裝置，轉動三分鐘後，取下毛細管，觀察並分析毛細管上的離心分離結果。
- 5.重複步驟 3~5，將步驟 3 的水(作為溶劑)，改成 2 毫升酒精，再操作一次，觀察並分析毛細管上的離心分離結果。

(二)實驗相片說明：

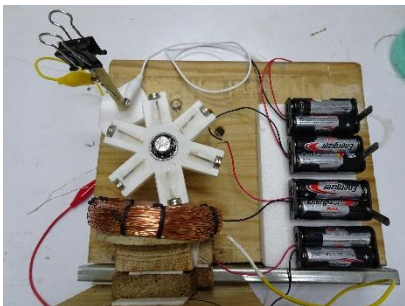
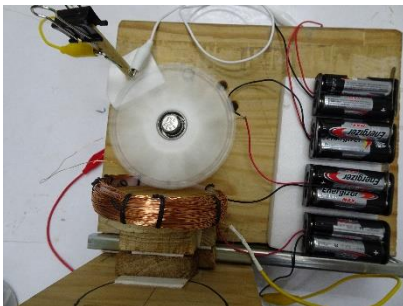

1.步驟 3，製作鴨趾草汁液：

| 鴨趾草 | 將鴨趾草撕碎 | 研磨成汁 |
|---|---|---|
|  |  |  |







2.步驟 4，製作離心用毛細管：

| 以毛細管吸取鴨趾草汁 | 以熱熔膠封住毛細管 | 將毛細管固定在 6D 的葉片上 |
|--|--|--|
|  |  |  |

3.步驟 4，以 6D 指尖陀螺進行測試：

| 以 6D 指尖陀螺進行測試 | 進行離心測試 | 沒封好，汁液被離心機甩出去 |
|---|---|---|
|  |  |  |

5.步驟 4，6D 指尖陀螺離心分離結果：

| | | |
|--|--|--|
| 5-1：6D 鴨趾草汁加水 | 5-2：失敗—汁液被甩出去 | 5-3：6D 鴨趾草汁加水 |
|  |  |  |
| 5-4：6D 加水離心分離結果 | 5-5：6D 加酒精 | 5-6：6D 加酒精分離結果 |
|  |  |  |

6.步驟 5，以 2D 指尖陀螺進行離心分離：

| | |
|---|---|
| 6-1：2D 加水 | 6-2：2D 加水分離結果 |
|  |  |
| 6-3：2D 加酒精 | 6-4：2D 加酒精分離結果 |
|  |  |

伍、研究結果及討論

※實驗一~四代號說明：

| 指尖陀螺 | 磁場 | 電源 | 電壓 | 圈數(round) |
|--------------------------|------------------|----------------|-----------|-----------|
| 市售指尖陀螺 2A/3A/3B/5A | 磁鐵磁場—mm | 電池電源—ba | 3 伏特—3v | 30 圈—30r |
| | magnet magnetic | battery | 6 伏特—6v | 90 圈—90r |
| | field | | 9 伏特—9v | 180 圈— |
| 3D 列印指尖陀螺 2D/3D/4D/6D | 電流磁場—cm | 電源供應器—ps | 12 伏特—12v | 180r |
| | current magnetic | power supplier | | 270 圈— |
| | field | | | 270r |

※實驗二磁鐵代號：棒形磁鐵—st，馬蹄形磁鐵—ho，環形磁鐵—ri；實驗一手動—ha

※實驗結果代號說明：轉速計圈數—rpm—每分鐘旋轉圈數(註：實驗結果為三次平均值)

※實驗五代號說明：

| 實驗條件及環境 | 以水為溶劑—wa(water) | 以酒精為溶劑—al(alcohol) |
|------------------|---------------------|---------------------|
| 2D-cm-ba-9v-180r | 2D-cm-ba-9v-180r—wa | 2D-cm-ba-9v-180r—al |
| 6D-cm-ba-9v-180r | 6D-cm-ba-9v-180r—wa | 6D-cm-ba-9v-180r—al |

一、不同的指尖陀螺形狀(二邊形、三邊形及五邊形)的旋轉條件。

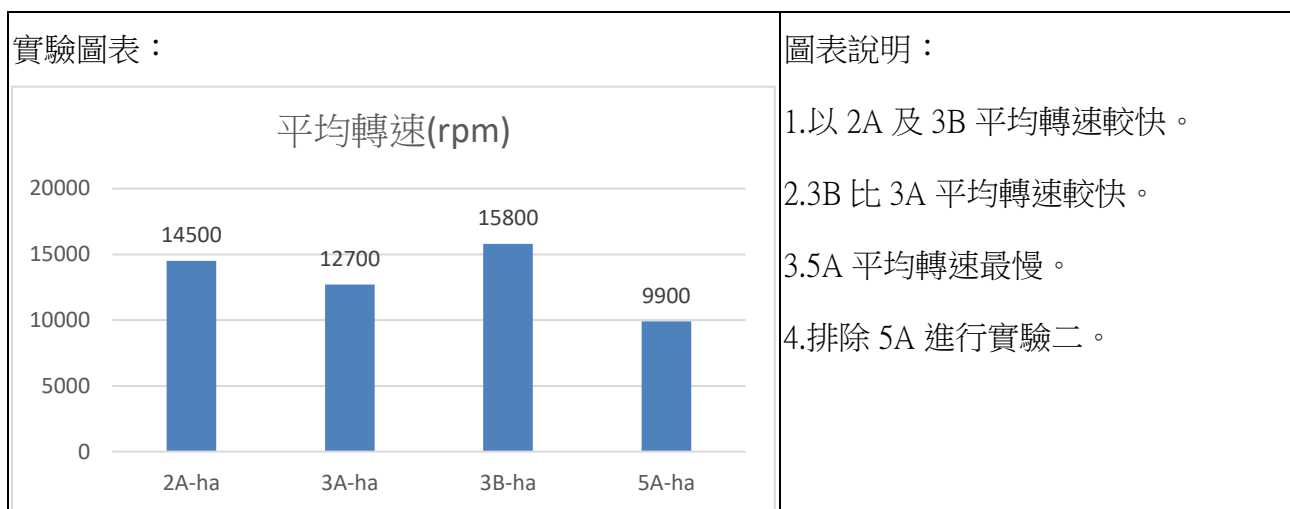
(一)實驗結果說明：

| 實驗代號 | 指尖陀螺 | 動力來源 | 平均轉速 |
|-------|------|------|----------|
| 2A-ha | 2A | 手動 | 14500rpm |
| 3A-ha | 3A | 手動 | 12700rpm |
| 3B-ha | 3B | 手動 | 15800rpm |
| 5A-ha | 5A | 手動 | 9900rpm |

※轉速計數值說明：轉速計數值為三次有效測量結果(誤差範圍在 5%以內)，取平均值後，四捨五入到百位數。

(二)實驗結果整理及分析：

1.實驗圖表：



2. 實驗結果整理及分析：

(1)以手動方式撥動市售指尖陀螺，指尖陀螺轉動順暢，2A 及 3B 轉動條件較佳，轉速較快。

(2)在手動測試時，發現撥動力量的大小會影響轉速，以 3B 來說明，轉速可達報告平均值 2 倍以上。

(3)撥動一次，指尖陀螺轉動時間維持約 30 秒，但不同指尖陀螺差異甚大，5A 持續時間最短。

(4)推測：指尖陀螺的軸承，形狀及重量均會影響轉速，以手撥動的力量更是無法固定，是造成實驗最大的變因，因實驗條件無法固定、規律且重複，實驗一排除以手動(ha)方式作為指尖陀螺的動力。

二、不同的指尖陀螺加磁鐵，在磁鐵磁場環境中的旋轉條件。

(一)實驗結果說明：

※實驗二磁鐵代號：棒形磁鐵—st，馬蹄形磁鐵—ho，環形磁鐵—ri。

1.2A 指尖陀螺結果說明：

| 實驗代號 | 磁鐵磁場(mm) | 轉動條件說明 |
|-------------|----------|------------------|
| 2A-ha-mm-st | 棒形磁鐵 | 只能轉半圈，然後停止不動 |
| 2A-ha-mm-ho | 馬蹄形磁鐵 | 可以多轉幾圈，大約 5 秒後停止 |
| 2A-ha-mm-ri | 環形磁鐵 | 轉動持續時間大約 10 秒 |

2. 3B 指尖陀螺結果說明：

| 實驗代號 | 磁鐵磁場(mm) | 轉動條件說明 |
|-------------|----------|-------------------|
| 3B-ha-mm-st | 棒形磁鐵 | 轉不到一圈，然後停止不動 |
| 3B-ha-mm-ho | 馬蹄形磁鐵 | 可以多轉幾圈，大約 10 秒後停止 |
| 3B-ha-mm-ri | 環形磁鐵 | 轉動持續時間大約 20 秒 |

3. 3B 指尖陀螺進行差異實驗結果說明：

| 實驗代號 | 環形磁鐵放置方式 | 轉動條件說明 |
|-------------|-----------|---------------|
| 3B-ha-mm-ri | 垂直擺放(2 個) | 轉動持續時間大約 20 秒 |
| | 水平擺放(2 個) | 轉動持續時間大約 10 秒 |
| | 環形排列(8 個) | 無法轉動 |

4.5A 指尖陀螺結果說明：

| 實驗代號 | 磁鐵磁場(mm) | 轉動條件說明 |
|-------------|----------|------------------|
| 5A-ha-mm-st | 棒形磁鐵 | 轉不到半圈，然後停止不動 |
| 5A-ha-mm-ho | 馬蹄形磁鐵 | 可以多轉幾圈，大約 5 秒後停止 |
| 5A-ha-mm-ri | 環形磁鐵 | 轉動持續時間大約 10 秒 |

(二)實驗結果整理及分析：

- 1.以 2A、3B 及 5A，三種市售指尖陀螺來比較，以 3B 的轉動時間最久。
- 2.比較棒形磁鐵(st)，馬蹄形磁鐵(ho)，環形磁鐵(ri)的旋轉條件，以環形磁鐵較佳。
- 3.以 3B 進行環形磁鐵差異實驗，將環形磁鐵 2 個垂直擺放、2 個水平擺放及 8 個環狀排列，實驗結果發現，以環形磁鐵垂直擺放的轉動時間最久。
- 4.實驗二以手撥動指尖陀螺，手動力量的差異性仍然存在，實驗三的實驗設計排除以手動(ha)作為動力來源。
- 5.實驗三的磁場環境以類似環形磁鐵垂直擺放的磁場配置，經過討論後，將漆包線繞成螺線管，形成類似環形磁鐵的磁場環境，進行相關的實驗設計。

三、不同的指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。

(一)實驗結果說明：

※代號說明：電流磁場(cm)，電池電源(ba)，3 伏特(3v)，線圈圈數(30r、90r、180r 及 270r)

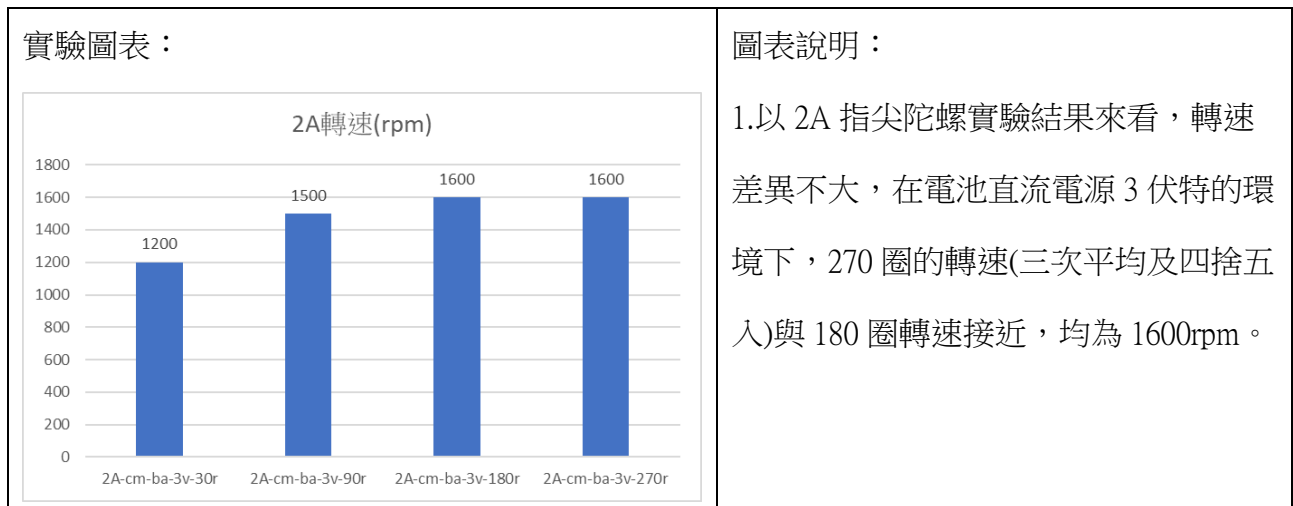
1.2A、3B 及 5A 指尖陀螺測試結果：

| 2A 實驗代號 | 轉速 | 3B 實驗代號 | 轉速 | 5A 實驗代號 | 轉速 |
|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|--------|
| 2A-cm-ba-3v-30r | 1200rpm | 3B-cm-ba-3v-30r | 2700rpm | 5A-cm-ba-3v-30r | 600rpm |
| 2A-cm-ba-3v-90r | 1500rpm | 3B-cm-ba-3v-90r | 3700rpm | 5A-cm-ba-3v-90r | 700rpm |
| 2A-cm-ba-3v- 180r | 1600rpm | 3B-cm-ba-3v- 180r | 5300rpm | 5A-cm-ba-3v- 180r | 900rpm |
| 2A-cm-ba-3v- 270r | 1600rpm | 3B-cm-ba-3v- 270r | 5000rpm | 5A-cm-ba-3v- 270r | 800rpm |

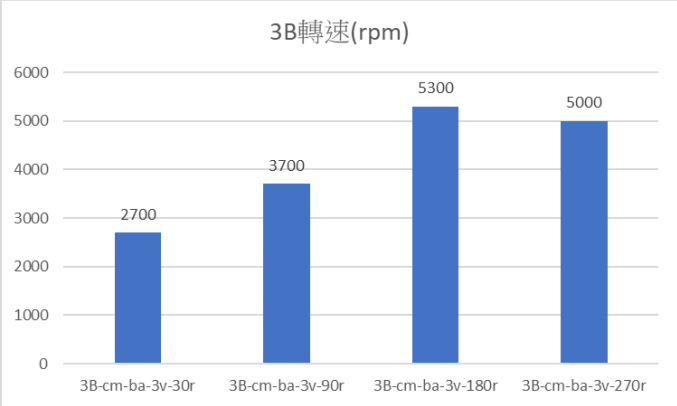
(二)實驗結果整理及分析：

1.實驗圖表：

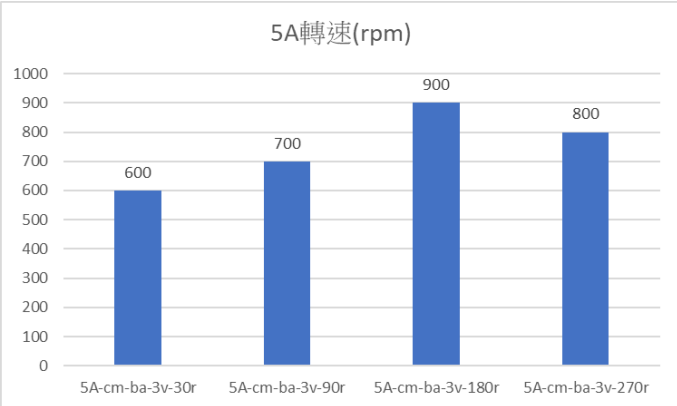
(1) 2A 指尖陀螺測試結果整理：



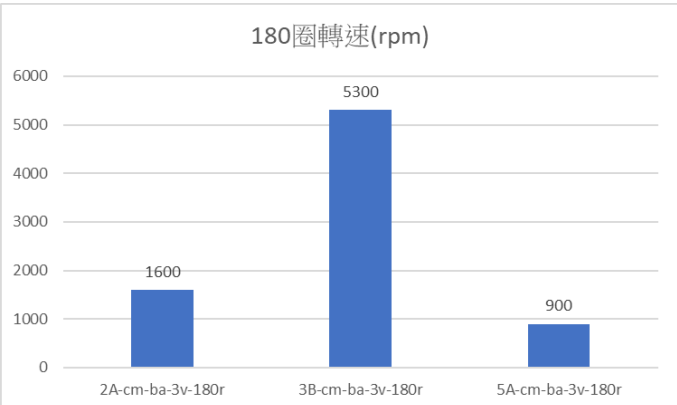
(2) 3B 指尖陀螺測試結果整理：

| <p>實驗圖表：</p>  <table border="1"><caption>3B轉速(rpm)</caption><thead><tr><th>配置</th><th>轉速 (rpm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>3B-cm-ba-3v-30r</td><td>2700</td></tr><tr><td>3B-cm-ba-3v-90r</td><td>3700</td></tr><tr><td>3B-cm-ba-3v-180r</td><td>5300</td></tr><tr><td>3B-cm-ba-3v-270r</td><td>5000</td></tr></tbody></table> | 配置 | 轉速 (rpm) | 3B-cm-ba-3v-30r | 2700 | 3B-cm-ba-3v-90r | 3700 | 3B-cm-ba-3v-180r | 5300 | 3B-cm-ba-3v-270r | 5000 | <p>圖表說明：</p> <ol style="list-style-type: none">1.以 3B 指尖陀螺實驗結果來看，與 2A 相比，轉速差異較大，在電池直流電源 3 伏特的環境下，270 圈的轉速(三次平均及四捨五入)較 180 圈轉速為慢。2.30 圈的轉速，只有 180 圈的一半，考慮排除 30 圈的電流磁場實驗條件。 |
|--|----------|----------|-----------------|------|-----------------|------|------------------|------|------------------|------|--|
| 配置 | 轉速 (rpm) | | | | | | | | | | |
| 3B-cm-ba-3v-30r | 2700 | | | | | | | | | | |
| 3B-cm-ba-3v-90r | 3700 | | | | | | | | | | |
| 3B-cm-ba-3v-180r | 5300 | | | | | | | | | | |
| 3B-cm-ba-3v-270r | 5000 | | | | | | | | | | |

(3) 5A 指尖陀螺測試結果整理：

| <p>實驗圖表：</p>  <table border="1"><caption>5A轉速(rpm)</caption><thead><tr><th>配置</th><th>轉速 (rpm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>5A-cm-ba-3v-30r</td><td>600</td></tr><tr><td>5A-cm-ba-3v-90r</td><td>700</td></tr><tr><td>5A-cm-ba-3v-180r</td><td>900</td></tr><tr><td>5A-cm-ba-3v-270r</td><td>800</td></tr></tbody></table> | 配置 | 轉速 (rpm) | 5A-cm-ba-3v-30r | 600 | 5A-cm-ba-3v-90r | 700 | 5A-cm-ba-3v-180r | 900 | 5A-cm-ba-3v-270r | 800 | <p>圖表說明：</p> <ol style="list-style-type: none">1.以 5A 指尖陀螺實驗結果來看，轉速均較慢，270 圈(800rpm)略慢於 180 圈(900rpm)。2.因各圈數轉速軍最低，考慮排除 5A 指尖陀螺。 |
|---|----------|----------|-----------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|--|
| 配置 | 轉速 (rpm) | | | | | | | | | | |
| 5A-cm-ba-3v-30r | 600 | | | | | | | | | | |
| 5A-cm-ba-3v-90r | 700 | | | | | | | | | | |
| 5A-cm-ba-3v-180r | 900 | | | | | | | | | | |
| 5A-cm-ba-3v-270r | 800 | | | | | | | | | | |

(4)2A、3B 及 5A 指尖陀螺在 180 圈的轉速比較：

| <p>實驗圖表：</p>  <table border="1"><caption>180圈轉速(rpm)</caption><thead><tr><th>配置</th><th>轉速 (rpm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>2A-cm-ba-3v-180r</td><td>1600</td></tr><tr><td>3B-cm-ba-3v-180r</td><td>5300</td></tr><tr><td>5A-cm-ba-3v-180r</td><td>900</td></tr></tbody></table> | 配置 | 轉速 (rpm) | 2A-cm-ba-3v-180r | 1600 | 3B-cm-ba-3v-180r | 5300 | 5A-cm-ba-3v-180r | 900 | <p>圖表說明：</p> <ol style="list-style-type: none">1.以不同指尖陀螺在 180 圈的轉速比較，5A 的轉速最慢，經過討論後，排除 5A 指尖陀螺。 |
|--|----------|----------|------------------|------|------------------|------|------------------|-----|---|
| 配置 | 轉速 (rpm) | | | | | | | | |
| 2A-cm-ba-3v-180r | 1600 | | | | | | | | |
| 3B-cm-ba-3v-180r | 5300 | | | | | | | | |
| 5A-cm-ba-3v-180r | 900 | | | | | | | | |

2. 實驗結果整理及分析：

(1)以圈數的實驗結果來分析，180 圈的平均轉速較快，可能是線圈總長度較長，影響電流數值，線圈的纏繞的紊亂度，會影響磁場及磁力線的堆疊，產生磁場強度互相干擾或破壞的結果，考慮線圈的成本及 270 圈纏繞不易造成的紊亂度，實驗四的線圈數，以 180 圈為範圍，增加 210 圈，進行後續的實驗設計及操作。

(2)比較指尖陀螺的形狀，5A 的轉速最慢，材質、形狀、重量及軸承，都會影響實驗結果。

(3)比較轉速，使用 3 伏特電池(ba-3v)電源，產生的電流磁場，最快只有 5300rpm，這樣的轉速無法產生離心機的類似效果，電池電壓必須進行調整。

(4)綜合整理實驗三的結果，經過討論後，針對實驗四，進行以下的調整，並進行實驗設計。

(a)指尖陀螺：採用 3D 列印指尖陀螺，以相同的葉片規格進行 3D 列印，指尖陀螺的葉片數量，考慮離心機的測試管都是相對配置，以偶數計算，另外，以實驗三的實驗結果，3B 指尖陀螺的轉速最快，在手繪圖的過程，將葉片規格要考慮強力磁鐵的直徑，以及圓周總長的限制，經過繪圖後比較，葉片數量以 2 片、3 片、4 片及 6 片，指尖陀螺代號分別為 2D、3D、4D 及 6D，進行電腦繪圖及 3D 列印。

(b)軸承：採購相同的軸承，減少因軸承差異造成的實驗誤差。

(c)電壓：將直流電源提供的電壓，配合 AA 電池電壓及電池做的規格，定為 3、6、9 及 12 伏特。

(d)電源：使用直流電源產生電流磁場，電源採用電池(ba)及電源供應器(ps)，進行實驗四的實驗設計及操作。

四、3D 列印指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。

(一)實驗結果說明：

1.使用直流電源：

(1)使用 2D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 |
| 180 圈 | 無法轉動 | 1800rpm | 2500rpm | 2400rpm |
| 210 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 2400rpm | 2500rpm |
| 270 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 | 2300rpm |

(2)使用 3D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 | 3100rpm |
| 180 圈 | 無法轉動 | 2100rpm | 5300rpm | 4200rpm |
| 210 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 3600rpm | 3300rpm |
| 270 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 2200rpm | 2300rpm |

(3)使用 4D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 | 3200rpm |
| 180 圈 | 無法轉動 | 3300rpm | 4900rpm | 4000rpm |
| 210 圈 | 無法轉動 | 1300rpm | 3800rpm | 2700rpm |
| 270 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 | 2500rpm |

(4)使用 6D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 1100rpm | 1100rpm |
| 180 圈 | 無法轉動 | 2400rpm | 7500rpm | 4100rpm |
| 210 圈 | 無法轉動 | 1400rpm | 4900rpm | 2800rpm |
| 270 圈 | 無法轉動 | 無法轉動 | 無法轉動 | 3000rpm |

2.使用電池電源：

(1)使用 2D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 未操作 | 未操作 | 未操作 | 未操作 |
| 180 圈 | 未操作 | 1400rpm | 3400rpm | 2400rpm |
| 210 圈 | 未操作 | 2000rpm | 3600rpm | 3800rpm |
| 270 圈 | 未操作 | 2400rpm | 3400rpm | 2400rpm |

(2)使用 3D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 未操作 | 未操作 | 未操作 | 未操作 |
| 180 圈 | 未操作 | 2500rpm | 2600rpm | 3300rpm |
| 210 圈 | 未操作 | 1600rpm | 1700rpm | 3200rpm |
| 270 圈 | 未操作 | 無法轉動 | 1000rpm | 2100rpm |

(3)使用 4D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|---------|---------|
| 90 圈 | 未操作 | 未操作 | 未操作 | 未操作 |
| 180 圈 | 未操作 | 2100rpm | 2500rpm | 3300rpm |
| 210 圈 | 未操作 | 1100rpm | 1600rpm | 3600rpm |
| 270 圈 | 未操作 | 3100rpm | 4000rpm | 8200rpm |

(4)使用 6D 指尖陀螺：

| 線圈圈數 | 3 伏特 | 6 伏特 | 9 伏特 | 12 伏特 |
|-------|------|---------|----------|----------|
| 90 圈 | 未操作 | 未操作 | 未操作 | 未操作 |
| 180 圈 | 未操作 | 9700rpm | 11000rpm | 12000rpm |
| 210 圈 | 未操作 | 7100rpm | 3700rpm | 2000rpm |
| 270 圈 | 未操作 | 4500rpm | 5800rpm | 6300rpm |

(二)實驗結果整理及分析：

1.使用電源供應器(ps)：

(1)電壓：在 3 伏特的電壓條件下，3D 列印指尖陀螺都無法轉動，排除 3 伏特電壓進行後續實驗。

(2)圈數：線圈 90 圈超過一半無法轉動，後續實驗排除 90 圈線圈進行實驗操作。

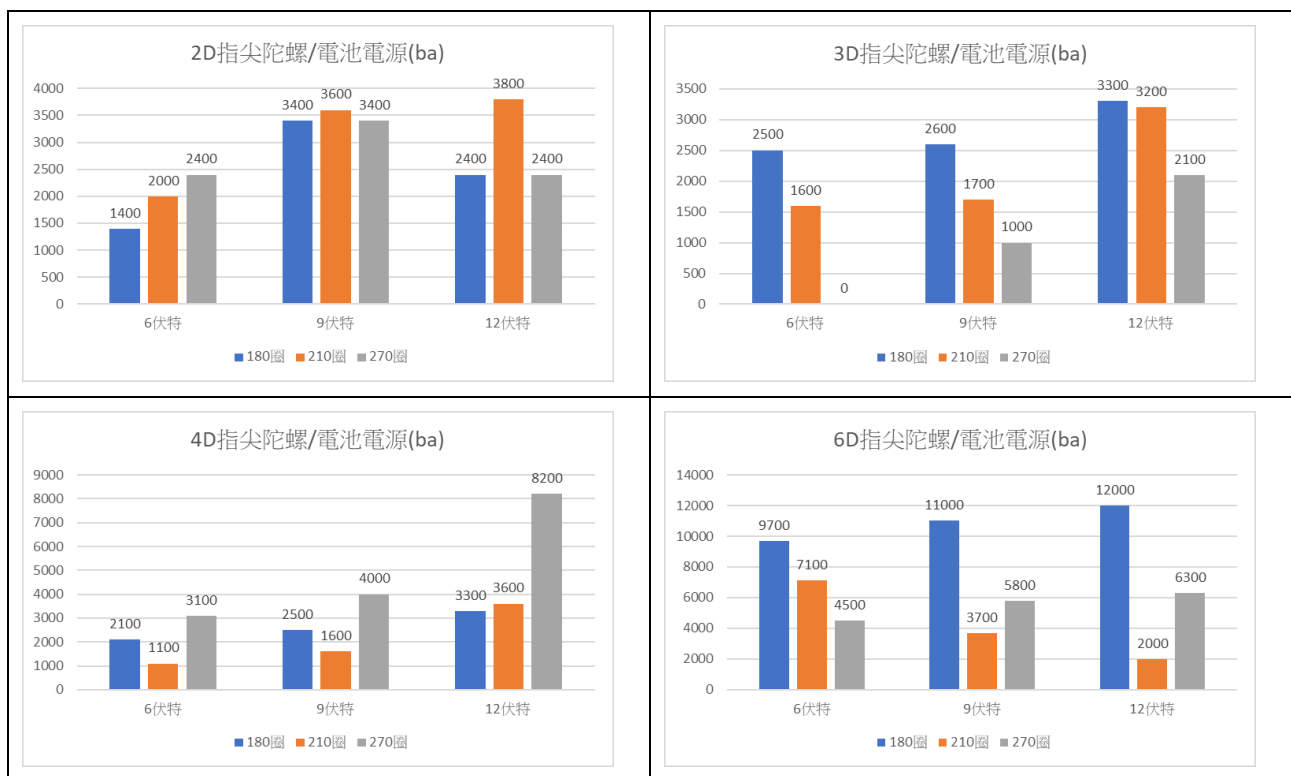
(3)針對電源供應器(ps)，比較使用電源供應器的實驗數值，發現數值並不穩定，不容易進行統計分析，整體而言，以 180 圈的轉速數值較具一致性，符合實驗三的實驗結果。

(4)轉速：使用電源供應器，最大轉速為 6D 指尖陀螺，9 伏特，180 圈，實驗代號 6D-cm-ps-9v-180r，轉速為 7500rpm，仍未超過 10000rpm，在實驗五的離心測試中，排除使用電源供應器(ps)，進行測試。

2.使用電池電源(ba)：

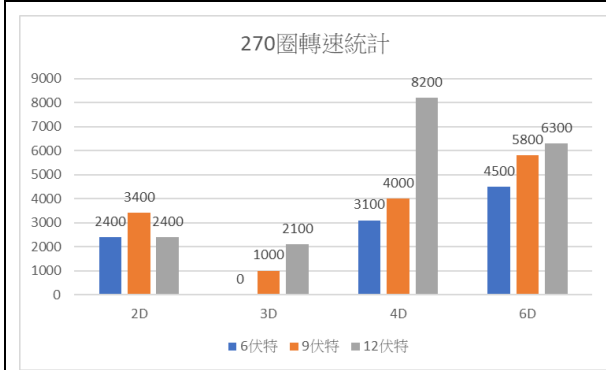
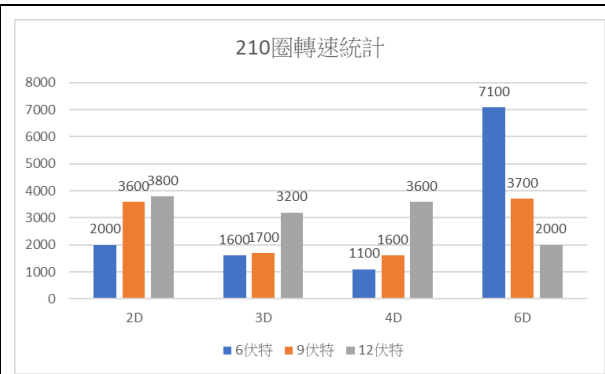
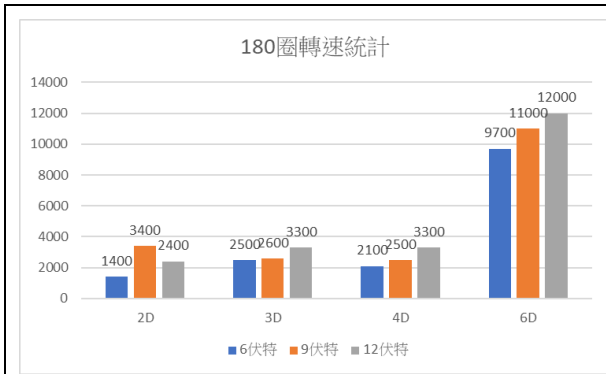
(1) 實驗圖表：

(a)不同指尖陀螺轉速統計圖：



※說明：不同的指尖陀螺，整體比較轉速，以 2D 及 6D 指尖陀螺的轉速較快，後續實驗五的實驗設計，以 2D 及 6D 指尖陀螺為主要測試條件。

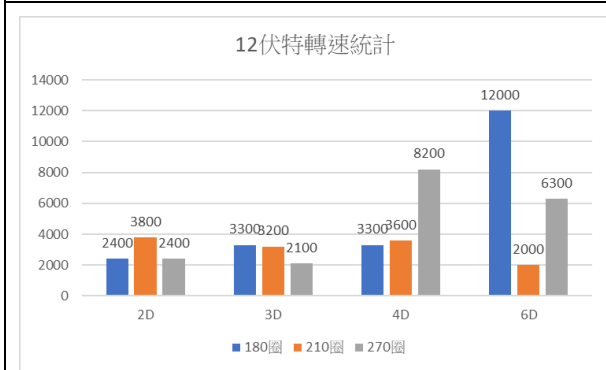
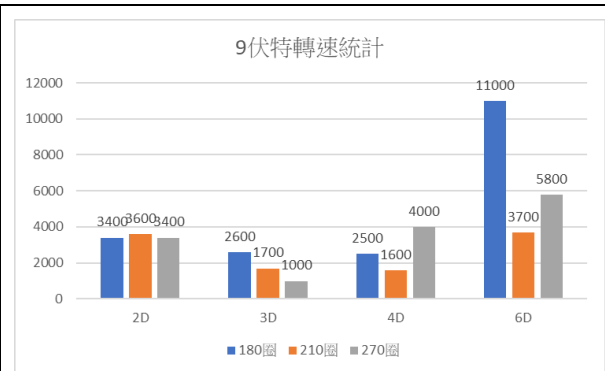
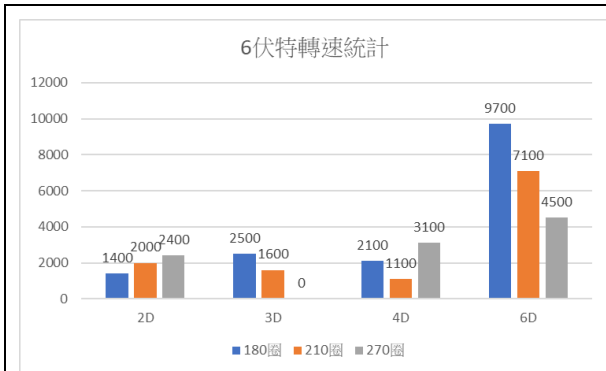
(b)不同線圈圈數轉速統計：



說明：

- 1.比對項次(a)的統計結果，不同指尖陀螺以 2D 及 6D 整體數值較高。
- 2.針對圈數與轉速比較，以 180 圈 6D 的轉速較快，旋轉條件較一致。

(c)不同電壓轉速統計：



說明：

- 1.比較不同電壓的轉速，以 6D12 伏特的轉速最快，達 12000rpm，可是，在 9 伏特的電壓條件下，轉速仍有 11000rpm，數值呈現正相關，經過討論，以 9 伏特為實驗條件。

五、使用 3D 列印指尖陀螺進行離心機測試。

(一)實驗結果說明：

1.實驗結果整理：

| 6D 鴨趾草汁加水 | 6D 加水離心分離結果 | 說明 |
|---|--|---|
|  |  | <p>6D 加水，經過離心分離後，出現色層不同，由綠色略混濁，呈現淡紫色色層及綠色沉積物，是本次離心測試，較佳的成果之一。</p> |
| 6D 加酒精 | 6D 加酒精分離結果 | <p>6D 加酒精的離心測試，是本次測試中，前後差異較接近，僅在邊緣有沉積物累積堆疊的痕跡。</p> |
|  |  | |
| 2D 加水 | 2D 加水分離結果 | <p>2D 加水，經過離心分離後，出現色層不同，由紫綠色略混濁，呈現綠色色層及綠色沉積物，是本次離心測試，較佳的成果之一。</p> |
|  |  | |
| 2D 加酒精 | 2D 加酒精分離結果 | <p>2D 加酒精的離心測試，在實驗五測試中，前後差異較接近，僅在邊緣有沉積物累積堆疊的痕跡，顏色差異不大。</p> |
|  |  | |

(二)實驗結果整理及分析：

1.比較 2D 及 6D 的離心分離結果，6D 的離心分離效果較佳。

2.以水及酒精作為溶劑，進行離心分離，以水作為溶劑的離心分離效果較佳。

3.綜合實驗一~實驗五，本次科展的較佳實驗環境為：

使用 6D 指尖陀螺，採用電池直流電源 9 伏特，線圈圈數 180 圈，測試物質為鴨趾草汁液，以水為溶劑，進行 11000rpm，實驗代號：6D-cm-ba-9v-180r—wa(11000rpm)。

陸、實驗討論

一、探討不同的指尖陀螺形狀(二邊形、三邊形及五邊形)的旋轉條件。

1.在實驗一的實驗結果發現，2A、3A 及 3B 指尖陀螺的轉速可達 12700~15800rpm，只有 5A 的轉速在 10000rpm 以下，經過討論，研判是形壯為圓形，外圈有環狀的結構，造成重量較重，所以轉速較慢，考慮排除 5A 指尖陀螺進行後續實驗。

2.比較 2A、3A 及 3B 指尖陀螺的形狀，3A 的葉片為尖形，實驗二以磁鐵磁場為動力來源，指尖陀螺需要固定磁鐵，3A 的形狀不易固定磁鐵，實驗二先排除以 2A 指尖陀螺進行實驗測試。

3.以手撥動指尖陀螺，因為操作者不同，用力程度無法標準化，也沒有精準的測量工具，會產生實驗誤差，無法建立標準化的實驗條件，實驗數值無法取得一致性的結果，後續實驗條件與設計，應降低手動無法標準化造成的實驗誤差。

4.2A、3A 及 3B 指尖陀螺的轉速較快，除了結構的差異(各葉片獨立，與 5A 不同)，拆開指尖陀螺比較構造時，發現中間的軸承結構也不同，滾珠數量及大小均不同，除了葉片數量、構造，軸承也會造成實驗誤差，後續的實驗設計應採用相同的軸承，讓實驗條件標準化，實驗結果才能進行相關的討論。

二、探討不同的指尖陀螺加磁鐵，在磁鐵磁場環境中的旋轉條件。

1.從實驗一的實驗結果進行檢討，排除使用手動，或是減低手動撥動造成的誤差，指尖陀螺轉動需要動力來源，經過討論並進行資料搜尋，在網路上發現利用磁鐵作為動力的實驗裝置，參考網路影片上的實驗裝置，進行調整與設計，採用磁鐵為動力來源，實驗結果發現，採用棒形磁鐵及馬蹄形磁鐵，採用同極相斥或異極相吸的實驗設計，增加或調整磁鐵數量，

以手輕輕撥動(降低手動造成的實驗誤差)，指尖陀螺的轉動條件不佳，轉速很慢，部分實驗條件指尖陀螺不轉動，經過討論後，排除使用棒形磁鐵及馬蹄形磁鐵進行後續實驗。

2.實驗二在使用 3B 指尖陀螺進行實驗測試，以垂直擺放的環形磁鐵 2 個，轉動持續時間約 20 秒，為實驗二轉動最久的實驗條件，在進行相關討論時，因為離心機的轉動時間必須長達 3 分鐘以上，20 秒轉動時間明顯不足，轉速至少要 3000rpm 以上，實驗二各條件均無法達成離心機的最低標準，經過討論後，排除使用磁鐵磁場進行後續實驗。

3.觀察 3B 使用環形磁鐵，磁場環境及磁力線分布類似螺線管，小組進行實驗討論時，實驗二保留環形磁鐵的磁場條件，排除磁鐵磁場後，決定使用電流磁場結合螺線管，進行相關實驗設計。

4.綜合實驗一及實驗二的結果，採用 2A、3B 及 5A 指尖陀螺，以直流電源及螺線管線圈，產生類似環形磁鐵的電流磁場條件，以手輕輕撥動，進行實驗三的實驗設計。

三、探討不同的指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。

1.在進行實驗三的實驗設計時，搜尋相關資料及影片，發現也有利用螺線管線圈及直流電源 3 伏特，結合指尖陀螺，進行旋轉測試，影片中標示出，線圈的圈數為 180 圈，討論實驗條件時，決定先固定電壓條件，比較不同線圈數對轉速的影響，經過討論後，決定圈數以 180 圈為基準，增加或減少圈數(30 圈、90 圈、180 圈及 270 圈)，透過實驗，比較圈數對轉速的影響。

2.實驗三使用 2A、3B 及 5A 指尖陀螺，使用電池直流電源 3 伏特，改變線圈圈數，比較在相同電壓，不同線圈數的實驗條件下，圈數與轉速的關係，實驗結果發現，不同的指尖陀螺，在線圈數 180 圈的轉速均最快，實驗條件中，漆包線線圈的直徑均相同，單位長度的電阻相同，線圈總長度會影響電阻及電流數值，而電流數值及線圈數，會影響磁場強度，因此，線圈數越多，磁場強度未必越大，線圈數與磁場強度之間會存在最適解，實驗結果說明，線圈數 180 圈的磁場強度最強，指尖陀螺轉速最快，後續實驗條件線圈數以 180 圈為基準。

3.實驗三的關鍵零件為磁簧開關，磁簧開關的作用，類似電動機的集電環，當指尖陀螺的磁鐵靠近時，磁簧開關因為磁力作用而吸引，簧片接觸形成通路，線圈通電後，產生與指尖陀螺磁鐵相斥的磁場，排斥力將指尖陀螺推開，指尖陀螺磁鐵遠離磁簧開關，磁簧開關彈開形

成斷路，指尖陀螺因為軸承的摩擦力極小，轉動慣性及轉動慣量仍存在，動力足以讓指尖陀螺下一片葉片靠近磁簧開關，如此周而復始，讓指尖陀螺可以維持轉動條件，但是，磁簧開關的變換仍然有時間差，不論如何快速往返，因為時間差的影響，速度仍有極限，是實驗設計中必需考慮的變因。

4.再次比較指尖陀螺的轉速，決定排除 5A 進行後續實驗。

5.使用 3B 指尖陀螺，電池電源 3 伏特，線圈數 180 圈的轉速最快，有 5300rpm，與科展一開始希望轉速到 10000rpm，仍有一段距離，經過討論，在實驗四的實驗設計，改變電壓數值，比較電壓數值對轉速的影響。

6.考慮電源不同條件，電池使用一段時間後，電壓數值會逐步減少，影響磁場強度及轉速，經過討論後，實驗四的實驗設計，採用電源供應器為第二個電力來源，進行後續實驗設計。

7.從實驗一到實驗三，指尖陀螺的形狀及軸承條件，都會影響實驗結果，造成無法討論的實驗誤差，實驗結果具有參考性，無法取得一致性的標準，經過討論後，決定採購相同的軸承，指尖陀螺則採用自行製作 3D 列印指尖陀螺，討論並決定後，進行相關的實驗設計，因為離心機的測試管都是對稱擺放，因此葉片數量設定為 2 片、4 片及 6 片，超過 6 片，軸承放不下，因為實驗三以 3B 指尖陀螺轉速最快，決定再納入 3 片的構造，進行電腦繪圖並進行 3D 列印。

四、探討 3D 列印指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。

1.使用 2D、3D、4D 及 6D 指尖陀螺及電源供應器進行測試，因為指尖陀螺重量較重，使用直流電源 3 伏特均無法轉動，先排除使用 3 伏特直流電源進行後續實驗測試。

2. 使用 2D、3D、4D 及 6D 指尖陀螺及電源供應器進行測試，比較不同線圈圈數的轉速，實驗結果發現，線圈圈數 90 圈時，16 次測試有 12 次無法轉動，因此，排除使用線圈 90 圈進行後續實驗測試。

3.實驗四先使用電源供應器，實驗結果發現轉速最快為 6D 指尖陀螺，使用電壓 9 伏特，線圈數 180 圈，轉速 7500rpm，與科展設定 10000rpm 相比，轉速仍不足，電源供應器體積大且重，使用並不方便，而且電源供應器要接上 110 伏特交流電源才能使用，使用的方便性及普及性不足，電源供應器價格也較高，無法作為科普的設備，經過討論後，排除使用電源供應

器作為直流電源。

4.使用電池電源進行實驗測試時，實驗結果發現，以 6D 指尖陀螺，線圈數 180 圈的轉速最快，分別是 6 伏特 9700rpm，9 伏特 11000rpm，12 伏特 12000rpm，因為 9 伏特及 12 伏特的轉速相差不大，9 伏特電池可以以方形 9 伏特電池一顆來取代，使用方便性更高，經過討論，決定以 9 伏特電池電壓為較佳實驗條件。

5.比較不同指尖陀螺的轉速，6D 的轉速最快，予以保留，比較 2D、3D 及 4D 的轉速，3D 及 4D 的轉速較慢也較不穩定，將轉速的討論集中 9 伏特，比較後 2D 的轉速較快也較穩定，經過討論與比較，保留 2D 及 6D 指尖陀螺，電池電壓為 9 伏特，線圈數為 180 圈，進行實驗五的離心測試。

五、使用 3D 列印指尖陀螺進行離心機測試。

1.離心機利用高速轉動時產生數倍於重力的離心力，使懸浮液中的不溶性固體迅速在離心管下方緊密沉積以分離不溶性固體與溶液。

2.比較實驗五的實驗結果，對照實驗四的轉速，以 6D 的離心分離效果較佳，符合實驗四的實驗結果。

3.因為科展對於使用血清進行實驗有諸多限制，因此使用鴨趾草汁進行離心分離，使用水及酒精作為溶劑，實驗結果發現以水作為溶劑，離心分離的效果較佳，酒精為有機溶劑，可能會溶解部分的鴨趾草汁，造成固相及液相的分界更不清楚，離心分離的效果反而較差。

4.離心測試實驗結果以 6D 指尖陀螺加水的離心分離效果最佳，可分離出淡紫色色層及綠色沉積物，離心分離測試效果最佳。

5.綜合實驗一~實驗五，本次科展的較佳實驗環境為：使用 6D 指尖陀螺，採用電池直流電源 9 伏特，線圈圈數 180 圈，測試物質為鴨趾草汁液，以水為溶劑，轉速 11000rpm，實驗代號：6D-cm-ba-9v-180r-wa(11000rpm)。

柒、結論

- 一、以手動方式撥動市售指尖陀螺，以 3B 指尖陀螺轉速最快，三次平均轉速為 15800rpm，5A 轉速最慢。
- 二、市售指尖陀螺(2A、3B 及 5A)加上磁鐵磁場(棒形磁鐵、馬蹄形磁鐵及環形磁鐵)，在磁鐵磁場的實驗環境中，指尖陀螺持續轉動最久約 20 秒(3B 加環形磁鐵 2 個，垂直擺放)，轉速在 500rpm 以內。
- 三、綜合實驗一及二結果，排除以手動方式撥動指尖陀螺及以磁鐵磁場為指尖陀螺的動力來源。
- 三、實驗二磁鐵磁場條件，以環形磁場最佳，實驗三以電流磁場環境進行實驗測試，漆包線繞成螺線管，磁場條件類似環形磁鐵。
- 四、實驗三實驗條件為，採用 3 伏特電池為電源，線圈圈數為 30 圈、90 圈、180 圈及 270 圈，指尖陀螺為 2A、3B 及 5A，實驗結果以 3B 指尖陀螺加 180 圈線圈，轉速最快，為 5300rpm。
- 五、市售指尖陀螺個別差異太大，採用 3D 自行列印製作的指尖陀螺進行實驗，葉片數量為 2D、3D、4D 及 5D。
- 六、電流磁場的電源為電源供應器(ps)及電池電源(ba)，比較實驗結果，以電池電源提供電力，轉速較快，考慮裝置使用的方便性，以電池電源為電力來源，產生電流磁場。
- 七、使用電池電源(ba)，不同的 3D 列印指尖陀螺(2D、3D、4D 及 5D)，不同的線圈圈數(180 圈、210 圈及 270 圈)，進行轉速測試，以 6D 指尖陀螺，在 9 伏特電池電源及線圈 180 圈的實驗條件下，轉速最快為 11000rpm。
- 八、使用 2D 及 6D 指尖陀螺，進行離心機測試(電池電源 9 伏特及線圈 180 圈)，溶劑為水及酒精，分離物質為鴨趾草汁，離心測試實驗結果以 6D 指尖陀螺加水的離心分離效果最佳，可分離出淡紫色色層及綠色沉積物，離心分離測試效果最佳。
- 九、綜合實驗一~實驗五，本次科展的較佳實驗環境為：使用 6D 指尖陀螺，採用電池直流電源 9 伏特，線圈圈數 180 圈，測試物質為鴨趾草汁液，以水為溶劑，轉速 11000rpm，實驗代號：6D-cm-ba-9v-180r-wa(11000rpm)。

捌、參考資料

壹、中文部分：

【一本書】

國民中學 自然與生活科技第五冊 南一出版社 電流與磁場

貳、英文部分：

無

參、網路資源：

一、中文部分：

【摘要及資料庫資料】"Free Energy" Magnetic Fidget Spinner Motor Real?

使用磁鐵讓指尖陀螺旋轉

<https://www.youtube.com/watch?v=BSdSDfOWbNs>

【摘要及資料庫資料】LEVITRON Levitating Spinning Top | How to make a Levitron from scratch |

Magnetic levitation

磁鐵磁場與轉動

https://www.youtube.com/watch?v=VKYvVJ3_ssI

【摘要及資料庫資料】Free Energy Generator using Neodymium Magnet Activity

3D 列印及磁場

<https://www.youtube.com/watch?v=TYhJwF-H3sY>

【摘要及資料庫資料】Free Energy Magnetic Fidget Spinner 100% Real Working new idea

指尖陀螺及磁簧開關

<https://www.youtube.com/watch?v=6qtSSQJzYao>

【摘要及資料庫資料】維基百科 離心機原理

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%A2%E5%BF%83%E6%A9%9F>

【摘要及資料庫資料】華人百科 離心機原理

<https://www.itsfun.com.tw/%E9%9B%A2%E5%BF%83%E6%A9%9F/wiki-0304281-0435271>

【摘要及資料庫資料】維基百科 指尖陀螺

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8C%87%E5%B0%96%E9%99%80%E8%9E%BA>

二、英文部分：

無

：

【評語】 032811

本作品將指尖陀螺改裝，加上磁鐵、電磁線圈、磁簧開關等，構成一電動機架構之高速離心機，探討不同的幾何架構、線圈組合等，進行最佳化設計，並利用此離心機進行鴨趾草汁離心測試，惟實驗數據缺好的理論解釋，在高速轉動下磁鐵穩固性、軸承的壽命、軸承性能、特別是轉動平衡問題、負載偏心以及動力來源及穩定轉動等離心機必備考量條件等較缺乏討論。鼓勵作者再接再厲，繼續精進，讓作品更完善。

作品簡報

3D指尖陀螺離心機

生活與應用科技(一)

國中組

壹、前言-研究動機

在準備科展時，以「離心機」為主題，離心機利用高速旋轉進行物質的分離與分析，但是，離心機價格較昂貴，我們思考，能否利用生活中的指尖陀螺，製造一台離心機，能達到

1. 方便操作與攜帶
2. 電力供應及更換更簡易，方便進行實驗
3. 轉速至少 10000rpm 以上，達到基本的離心效果。



傳統離心機

1. 價格偏高
2. 使用交流電源
3. 體積略大



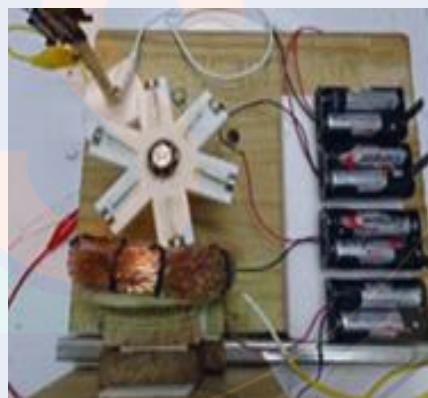
網購離心機

1. 價格較低
2. 轉速待確認
3. 體積較小
4. 需接交流電源



手動指尖陀螺離心機

1. 成本最低
2. 操作方便
3. 轉速無法穩定



3D指尖陀螺離心機

1. 約500元
2. 轉速穩定穩定
3. 使用直流電源
4. 體積小，各零件獨立配置，維修及替換方便

貳、研究目的

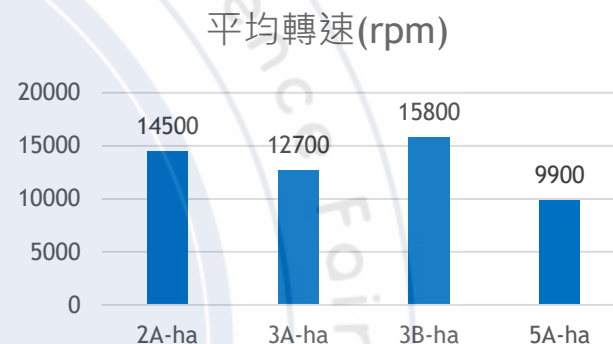
- 一、不同的指尖陀螺形狀(二邊形、三邊形及五邊形)的旋轉條件。
- 二、不同的指尖陀螺加磁鐵，在磁鐵磁場環境中的旋轉條件。
- 三、不同的指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。
- 四、3D列印指尖陀螺加磁鐵，結合磁簧開關及螺線管電流磁場中的旋轉條件。
- 五、使用3D列印指尖陀螺進行離心機測試。

參、研究過程

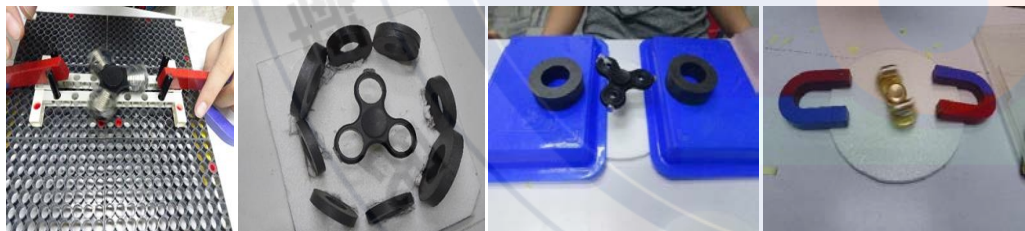
- 實驗一：手指撥動不同葉片的指尖陀螺轉



實驗結果：



- 實驗二：不同的指尖陀螺加磁鐵



實驗結果：

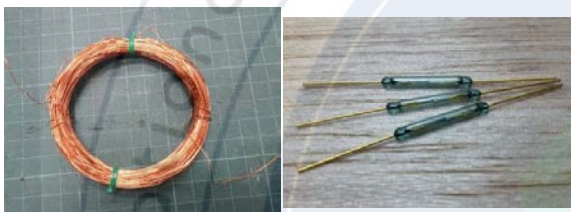
- 3葉(圓形邊)的轉動時間最久
- 環形磁鐵(垂直)擺放條件較佳

探討：

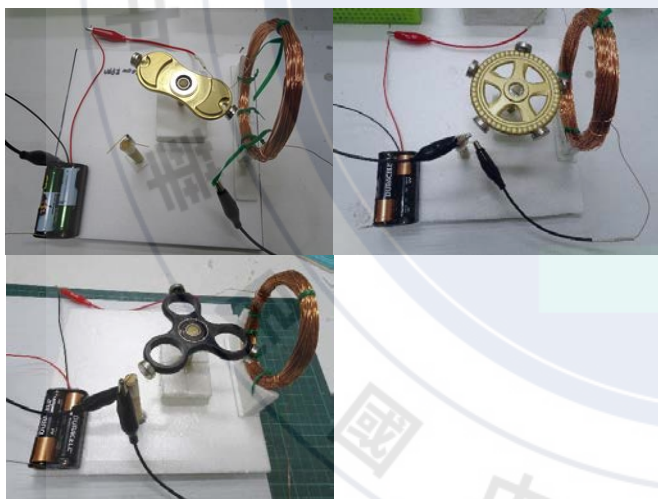
- ∴以手撥動指尖陀螺，存在變因
- ∴實驗三的實驗設計排除以手動

- 實驗三：不同的指尖陀螺在**電流磁場**中的旋轉條

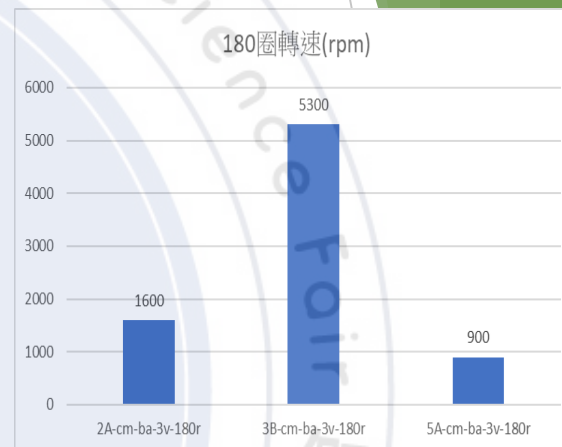
實驗物品：



(30、90、180及270圈)



實驗結果：



- 180圈的平均轉速較快
- 5葉的轉速最慢，排除5葉指尖陀螺

探討：

- 指尖陀螺：採用3D列印
- 購買相同的軸承
- 將直流電源電壓，設定為3、6、9及12伏特。
- 電源：使用直流電源，電池及電源供應器進行實驗。

• 實驗四：3D列印指尖陀螺加磁鐵在電流磁場中的旋轉條件

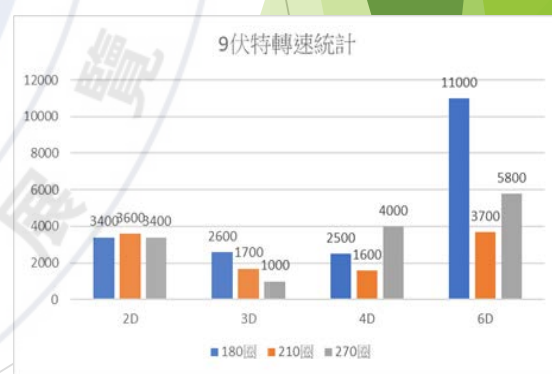
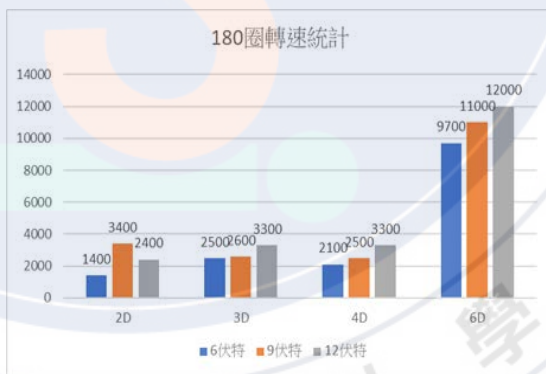
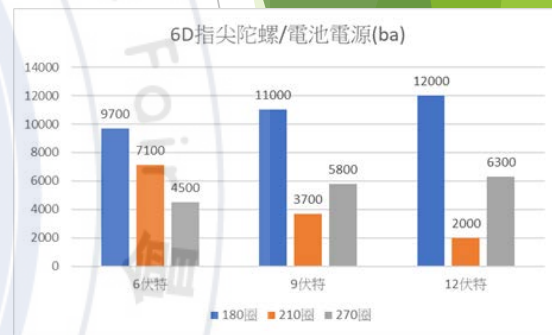
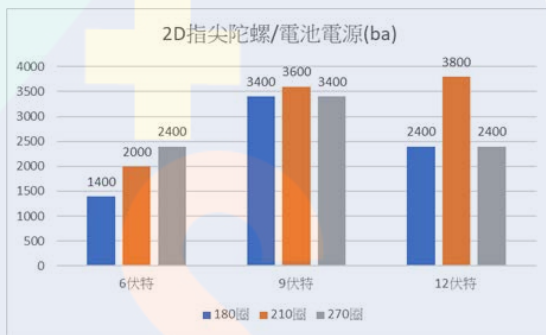
實驗器材：



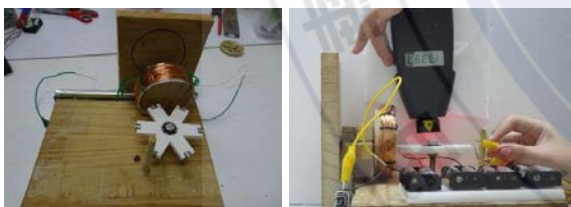
(電源供應器)



- a. 在3伏特的電壓條件下，3D列印指尖陀螺都無法轉動，排除3伏特電壓進行後續實驗。
- b. 線圈90圈超過一半無法轉動，後續實驗排除90圈線圈進行實驗操作



實驗裝置：

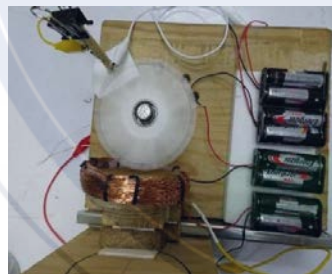
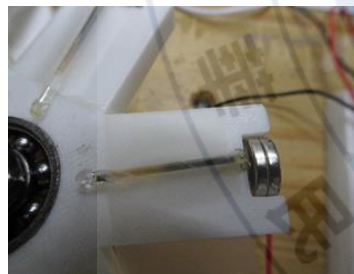


- 實驗五、使用3D列印指尖陀螺進行離心機測試。

實驗植物：



實驗過程：



以水為溶劑

離心



以酒精為溶劑

離心



比較：

以水為溶劑的離心結果為溶劑的離心結果較佳；

以酒精為溶劑的顏色差異不大離心解果較差

肆、實驗結果

- 綜合實驗一至實驗五，本次科展的較佳實驗環境為

6D指尖陀螺

電池直流電源9伏特，

線圈圈數180圈，

測試物質為鴨趾草汁液，水為溶劑

轉速11000rpm，可達到基本的離心效果

伍、未來展望

未來，計畫以**行動電源**取代電池電源，供電穩定且持久，3D列印指尖陀螺**減少厚度**及重量，用以增加轉速，**線圈直徑縮小**並規律纏繞，希望可以達到30000rpm，**持續3分鐘**，達到類似高階離心機的離心分離效果，完成成本低(500元)，體積小，方便攜帶，不受不同地區電壓及交流電源影響，可以方便簡易操作的3D指尖陀螺離心機。

陸、參考文獻

國民中學 自然與生活科技第五冊 南一出版社 電流與磁場

【摘要及資料庫資料】維基百科 離心機原理

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%A2%E5%BF%83%E6%A9%9F>

【摘要及資料庫資料】指尖陀螺及磁簧開關

Free Energy Magnetic Fidget Spinner 100%RealWorking new idea

<https://www.youtube.com/watch?v=6qtSSQJzYao>

【摘要及資料庫資料】使用磁鐵讓指尖陀螺旋轉

"Free Energy" Magnetic Fidget Spinner Motor Real?

<https://www.youtube.com/watch?v=BSdSDfOWbNs>



謝謝各位評審老師教授
恭請指導