

# 屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

**科 別：**物理科

**組 別：**國小組

**作品名稱：**風馳電掣——超級戰鬥陀螺 MAX

**關 鍵 詞：**戰鬥陀螺、摩擦力、重心（最多三個）

**編號：**A2044

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號：自報名系統報名完取得作品編號後，先填寫回作品封面上，再存成 docx 及 pdf 檔後再上存。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

# 作品名稱：風馳電掣——超級戰鬥陀螺 MAX

摘要（300字以內）

本研究想要了解戰鬥陀螺旋轉時間長短，可能是受到：戰鬥陀螺的發射力量大小、迴旋方向，軸心形狀產生磨擦力大小、戰鬥陀螺總重量大小，還是上部配件、中間配件、下部配件重量配置，產生重心不同。結果發現：**發射器力量(長度)不會影響戰鬥陀螺旋轉時間；迴旋方向會影響戰鬥陀螺旋轉時間；摩擦力對戰鬥陀螺旋轉時間的影響最大；重力對戰鬥陀螺旋轉時間的影響不一；重心會影響戰鬥陀螺旋轉時間，其中上部配件重量影響最大，下部配件重量影響最小，中間則為戰鬥陀螺重心所在；最強配件會提升戰鬥陀螺旋轉時間，最輕的戰鬥陀螺比最重的戰鬥陀螺影響超過 10%；影響戰鬥陀螺旋轉時間的因素主要是「摩擦力」、「重心」。**

## 一、 研究動機

最近，我們班男生迷上了戰鬥陀螺，每個男生心裡想的，都是怎麼讓戰鬥陀螺轉得快、轉得久，讓自己在戰鬥陀螺競賽中百戰百勝。但是，大家的陀螺大不相同，有的上面是圓形，有的是三角形；有的拉線長，有的拉線短；也有的底部軸心是尖底，有的是圓底，更有的是平底……。為了瞭解那些對於戰鬥陀螺旋轉時間影響最大，我和班上同好一起組成了戰鬥陀螺研究小隊，研究如何讓戰鬥陀螺能夠轉得既快又久。

## 二、 研究目的

基於以上的研究動機，本研究將探討：戰鬥陀螺之總重量、上方配件重量、中間配件重量、下方配件重量、發射器種類和拉線長度、發射器旋轉方向、軸心底部形狀，對於戰鬥陀螺旋轉時間的影響。所以我們的研究目的有：

- 一、 探討**發射器類型、拉線長度**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 二、 探討**迴旋方向**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 三、 探討**軸心底部形狀**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 四、 探討**總重量**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 五、 探討**上部配件重量**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 六、 探討**中間配件重量**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 七、 探討**下部配件重量**是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間
- 八、 將各部**最強零件組合**，是否能提升戰鬥陀螺的旋轉時間

### 三、 研究設備及器材

#### 一、 戰鬥陀螺種類：



巨岩小丑戰鬥陀螺



武神阿修羅戰鬥陀螺



帝王天龍戰鬥陀螺



猛毒破壞神戰鬥陀螺

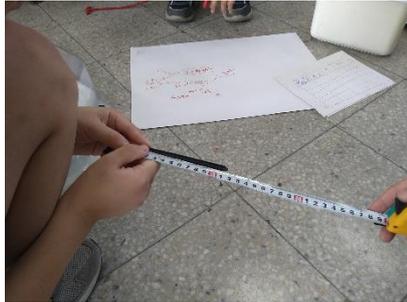


天國飛馬戰鬥陀螺



斬擊戰神戰鬥陀螺

#### 二、 戰鬥陀螺配件：



測量拉條長度 11.5cm



測量拉條長度 18.5cm



測量拉條長度 24.5cm



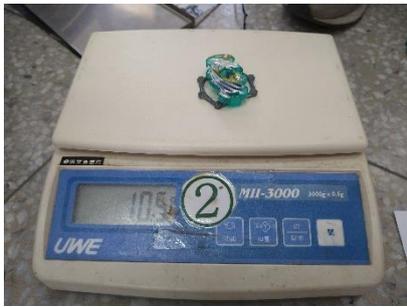
測量拉線長度 45cm



破壞神結晶輪盤(上部)



戰神結晶輪盤(上部)



飛馬結晶輪盤(上部)



勇士結晶輪盤(上部)



鋼鐵輪盤 BL 鐵(中間)



鋼鐵輪盤 7 號鐵+W 環 27 (中間)



鋼鐵輪盤 Vn 鐵(中間)



8g 軸心(下方)



7.5g 軸心(下方)



6.5g 軸心(下方)

三、 戰鬥陀螺發射器：



45cm 拉線型發射器



雙迴旋發射器

四、 其他：智慧型手機——碼表 APP、智慧型手機——照相 APP



戰鬥陀螺戰鬥盤



捲尺

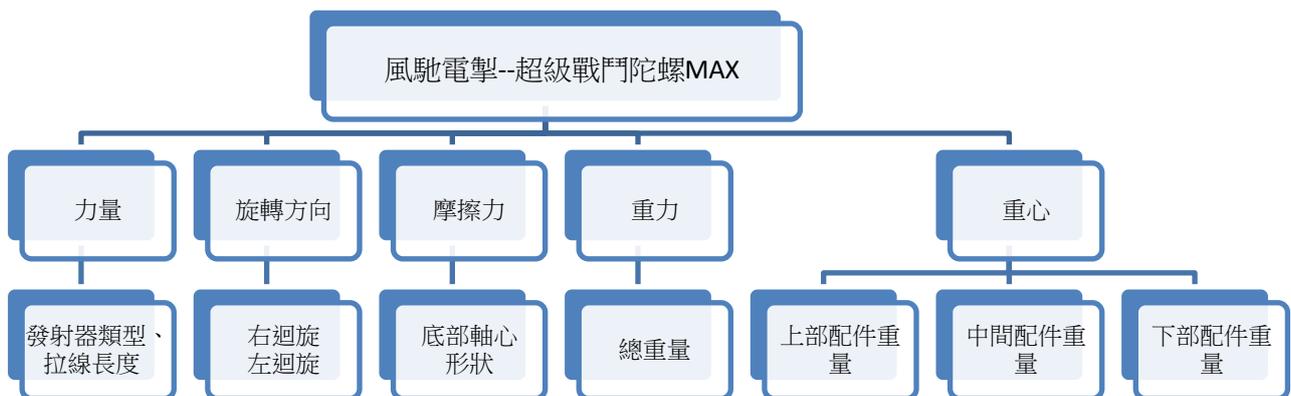


MII-3000 計重秤

## 四、 研究過程與方法

針對前述研究目的，我們一共設計了七項實驗來進行探討。以下為我們每一項實驗的紀錄、結果分析與討論，以瞭解影響戰鬥陀螺旋轉時間的因素有那些。

基於上述的研究動機，我們完成了以下的研究架構圖：



### 【研究目的一】探討發射器類型、拉線長度是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

- 一、 研究假設：**拉條長度**越長，顯示拉力越大，所以戰鬥陀螺的旋轉時間越久；拉線型發射器因為長度達 45cm，所以旋轉時間最久
- 二、 實驗器材：11.5cm 拉條、18.5cm 拉條、24.5cm 拉條、右迴旋發射器、45cm 拉線發射器、巨岩小丑戰鬥陀螺、戰鬥盤、手機--碼表 APP、手機--照相 APP

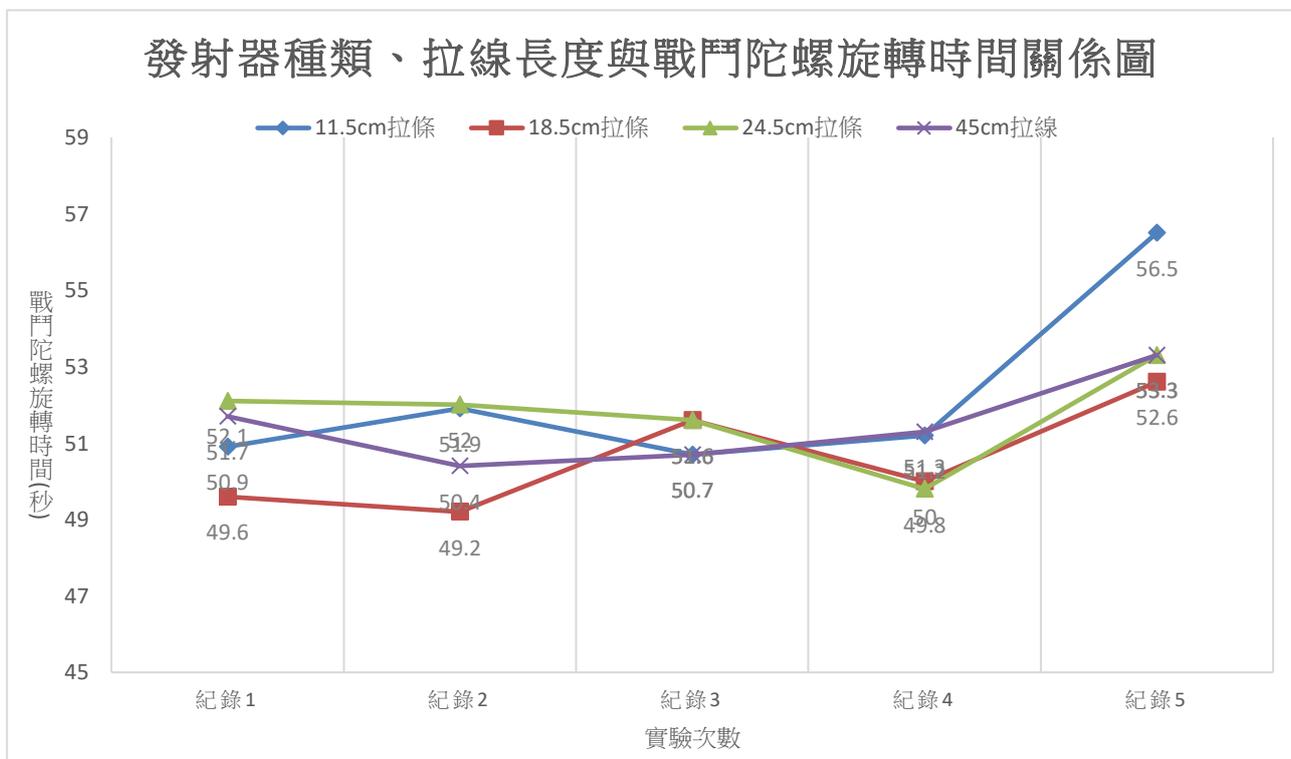
### 三、 實驗步驟：

1. 以捲尺測量發射器拉條、拉線長度。
2. 依序以 11.5cm 拉條、18.5cm 拉條、24.5cm 拉條、45cm 拉線發射器，發射巨岩小丑戰鬥陀螺各 7 次。
3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。

四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

發射器種類、拉線長度與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

發射器種類 、拉線長度	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
11.5cm 拉條	57.6	49.8	50.9	51.9	50.7	51.2	56.5	52.2
18.5cm 拉條	60.3	47.2	49.6	49.2	51.6	50	52.6	50.6
24.5cm 拉條	60.9	49	52.1	52	51.6	49.8	53.3	51.8
45cm 拉線	58.6	50.2	51.7	50.4	50.7	51.3	53.3	51.5



### 【研究目的二】探討迴旋方向是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

- 一、 研究假設：因為本實驗研究者都以右手為慣用手，所以以右迴旋發射器發射的戰鬥陀螺，旋轉時間最久。

二、 實驗器材：**雙迴旋發射器**、**傳說巨神戰鬥陀螺**、**雙迴旋發射器**、**戰鬥盤**、**手機--碼表 APP**、**手機--照相 APP**

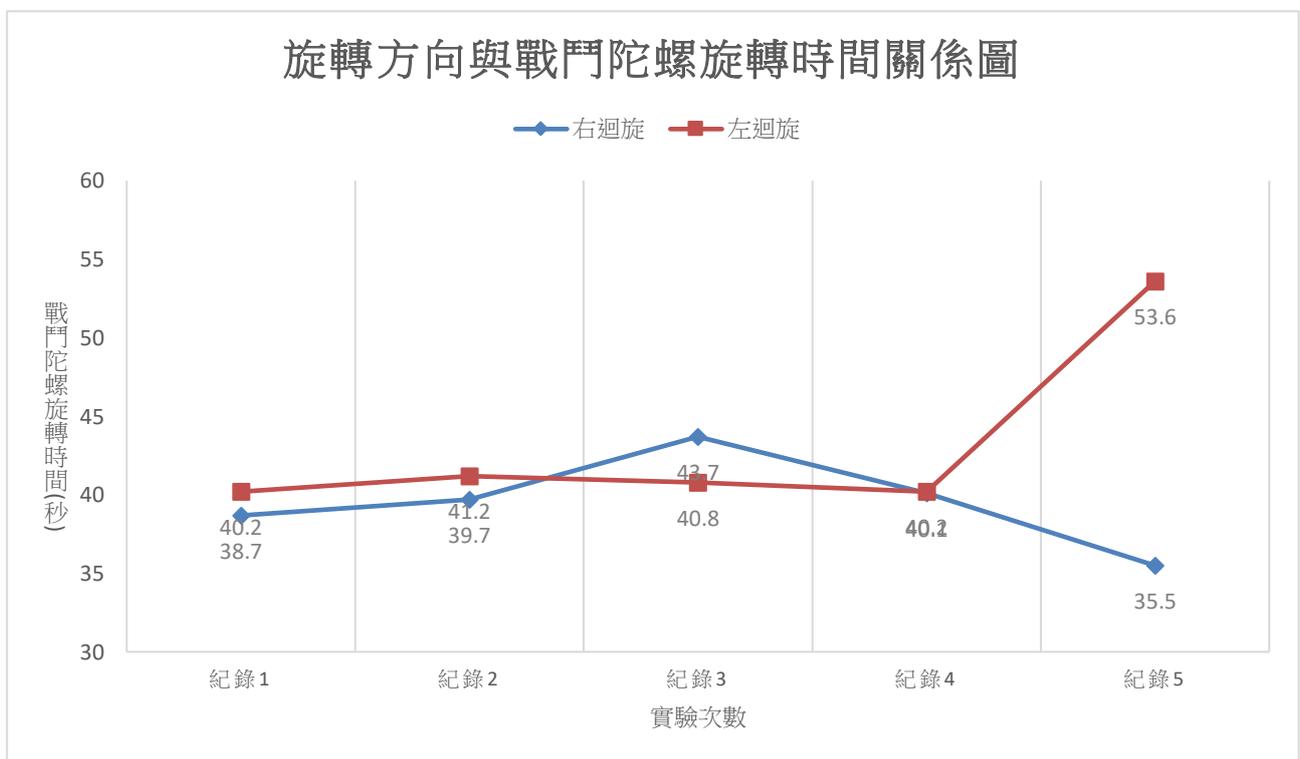
三、 實驗步驟：

1. 將雙迴旋發射器調整為右迴旋方向，發射傳說巨神戰鬥陀螺 7 次。
2. 將雙迴旋發射器調整為左迴旋方向，發射傳說巨神戰鬥陀螺 7 次。
3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。

四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

旋轉方向與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

旋轉方向	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
右迴旋	58.8	32.4	38.7	39.7	43.7	40.1	35.5	39.5
左迴旋	54.6	38.7	40.2	41.2	40.8	40.2	53.6	43.2



**【研究目的三】探討底部軸心形狀是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間**

一、 實驗假設：**底部軸心形狀為尖底**，因摩擦力較小，所以戰鬥陀螺旋轉時間最久；**圓底**次之；**平底**因摩擦力最大，所以旋轉時間最短。

二、 實驗器材：**平底軸心**、**圓底軸心**、**尖底軸心**、**武神阿修羅戰鬥陀螺**、**右迴旋發射器**、**戰鬥盤**、**手機--碼表 APP**、**手機--照相 APP**

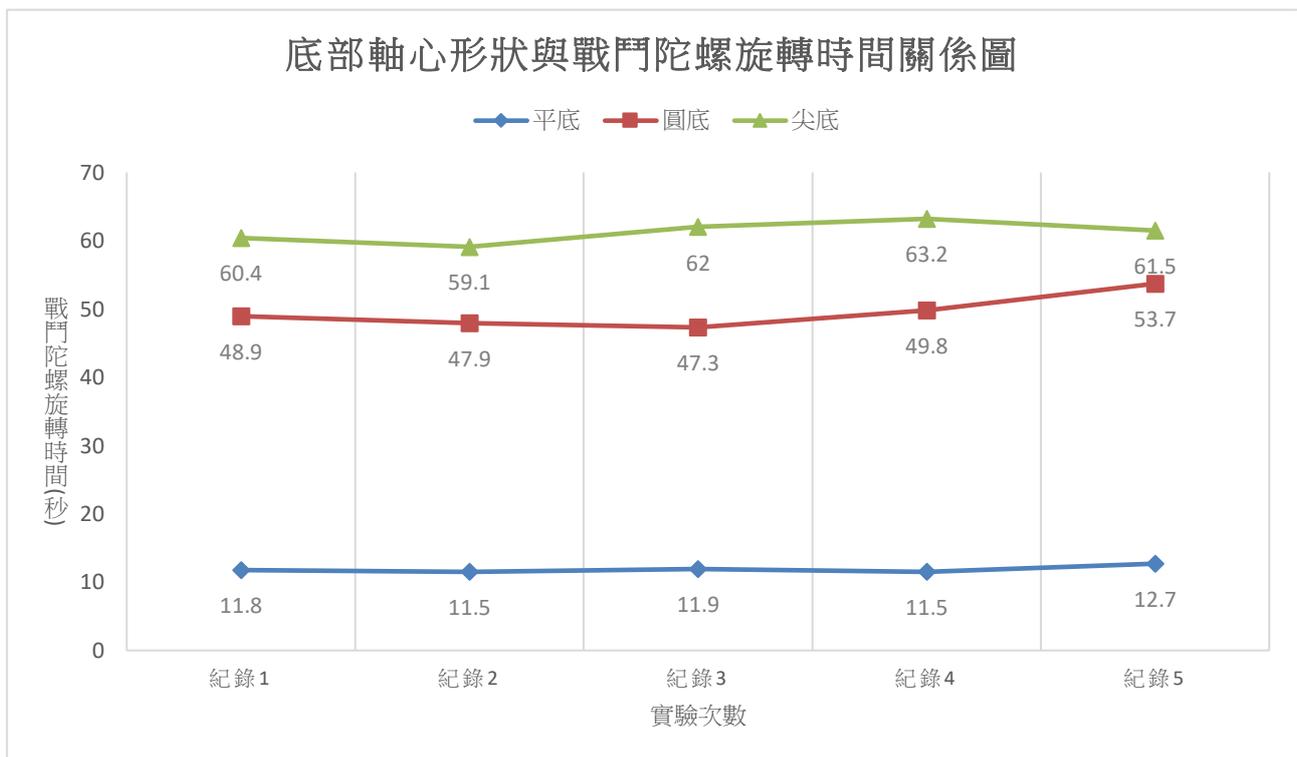
### 三、 實驗步驟：

1. 將平底軸心、圓底軸心、尖底軸心安裝於武神阿修羅戰鬥陀螺上，各發射 7 次。
2. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。

### 四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

底部軸心形狀與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

軸心底部形狀	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
平底	12.8	11.4	11.8	11.5	11.9	11.5	12.7	11.9
圓底	56.9	46.3	48.9	47.9	47.3	49.8	53.7	49.5
尖底	63.6	48.1	60.4	59.1	62	63.2	61.5	61.2



#### 【研究目的四】探討總重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

- 一、 實驗假設：戰鬥陀螺總重量越重，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，旋轉時間越短。
- 二、 實驗器材：帝王天龍戰鬥陀螺、猛毒破壞神戰鬥陀螺、天國飛馬戰鬥陀螺、斬擊戰神戰鬥陀螺、巨岩小丑戰鬥陀螺、右迴旋發射器、戰鬥盤、手機--碼表 APP、手機--照相 APP、MII-3000 計重秤
- 三、 實驗步驟：
  1. 使用 MII-3000 計重秤測量帝王天龍戰鬥陀螺、猛毒破壞神戰鬥陀螺、天國飛馬戰鬥

陀螺、斬擊戰神戰鬥陀螺、巨岩小丑戰鬥陀螺的重量。

2. 使用右迴旋發射器發射帝王天龍戰鬥陀螺、猛毒破壞神戰鬥陀螺、天國飛馬戰鬥陀螺、斬擊戰神戰鬥陀螺、巨岩小丑戰鬥陀螺，各測量 7 次。

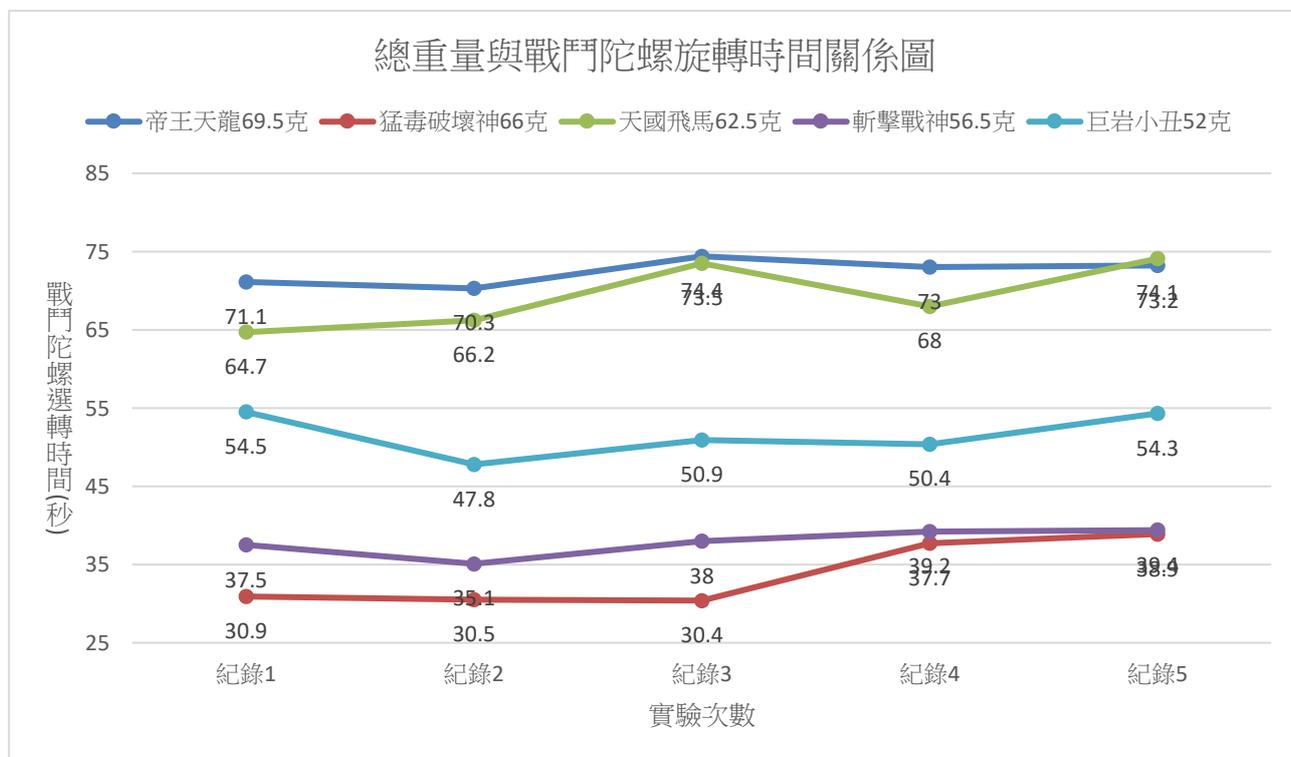
3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。

四、實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

總重量與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

總重量	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
帝王天龍 69.5 克	75	68.8	71.1	70.3	74.4	73	73.2	72.4
猛毒破壞神 66 克	40.6	28.5	30.9	30.5	30.4	37.7	38.9	33.7
天國飛馬 62.5 克	79.2	58	64.7	66.2	73.5	68	74.1	69.3
斬擊戰神 56.5 克	45.1	34.4	37.5	35.1	38	39.2	39.4	37.8
巨岩小丑 52 克	55.6	45.4	54.5	47.8	50.9	50.4	54.3	51.6

總重量與戰鬥陀螺旋轉時間關係圖



**【研究目的五】探討上部配件重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間**

一、實驗假設：上部配件重量越重，因質量越大，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，質量越小，旋轉時間越短。

二、 實驗器材：上部配件結晶輪盤——破壞神、勇士、戰神、飛馬、天國底戰鬥陀螺、戰鬥盤、手機--碼表 APP、手機--照相 APP、右迴旋發射器、MII-3000 計重秤

三、 實驗步驟：

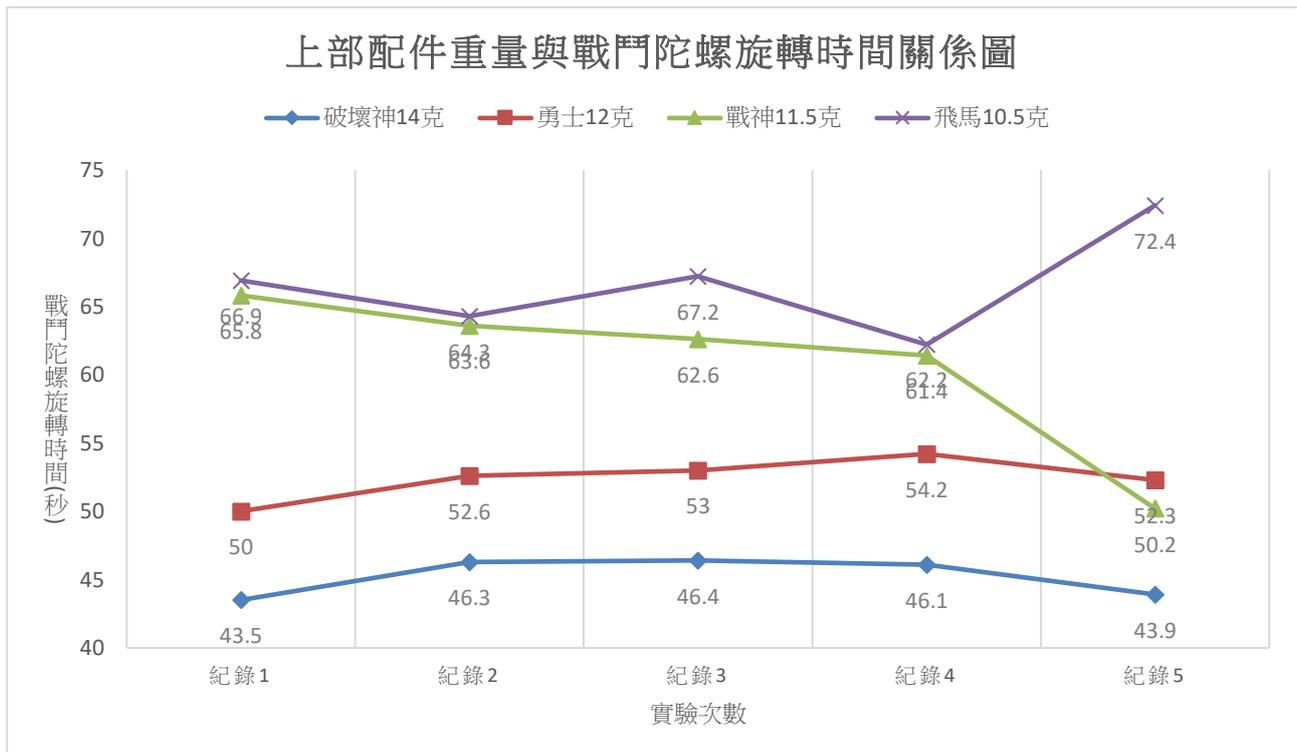
1. 使用 MII-3000 計重秤測量上部配件結晶輪盤——破壞神、勇士、戰神、飛馬的重量。
2. 由重到輕，安裝於天國底戰鬥陀螺上，使用右迴旋發射器依序發射，各測量 7 次。
3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析

四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

上部配件重量與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

上部配件重量： 結晶輪盤	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
破壞神 14 克	47.5	41.7	43.5	46.3	46.4	46.1	43.9	45.2
勇士 12 克	56.3	49	50	52.6	53	54.2	52.3	52.4
戰神 11.5 克	69.2	42.5	65.8	63.6	62.6	61.4	50.2	60.7
飛馬 10.5 克	76.7	60.3	66.9	64.3	67.2	62.2	72.4	66.6

上部配件重量與戰鬥陀螺旋轉時間關係圖



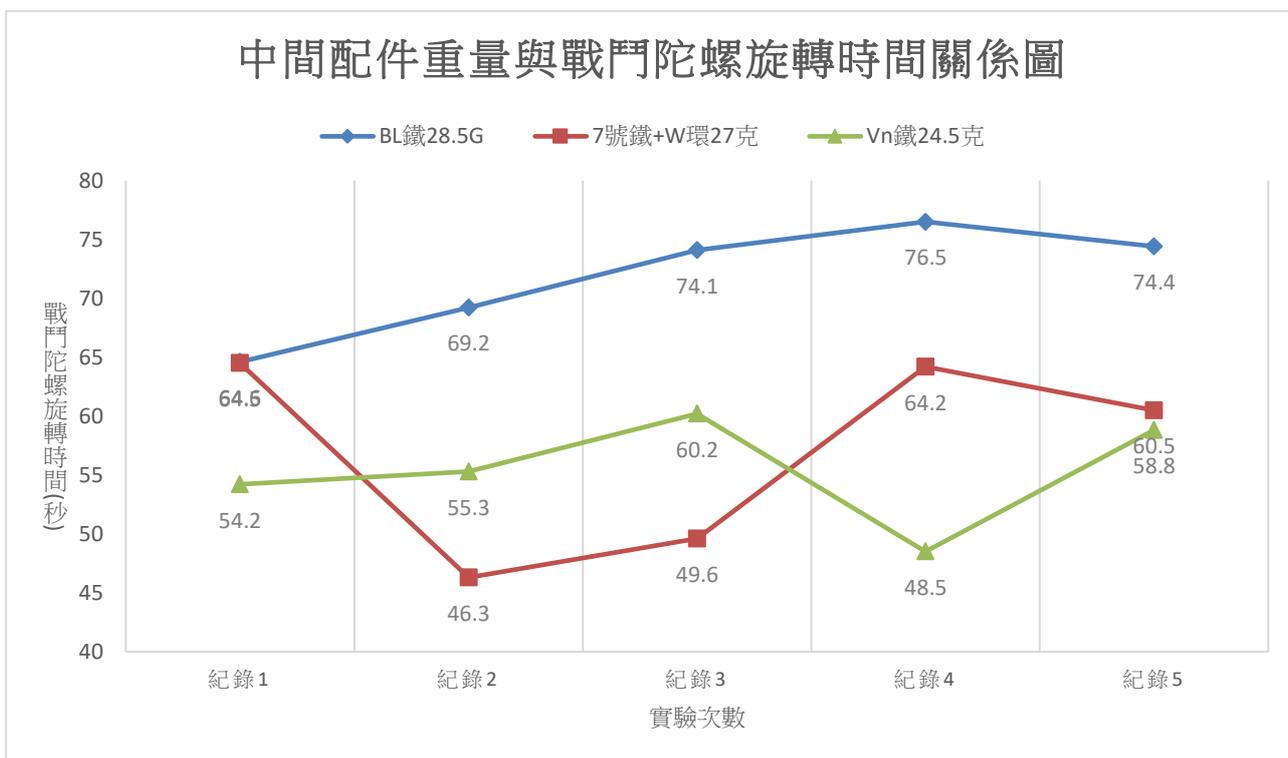
### 【研究目的六】探討中間配件重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

- 一、 實驗假設：中間配件重量越重，因質量越大，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，質量越小，旋轉時間越短。
- 二、 實驗器材：中間配件鋼鐵輪盤——BL 鐵、7 號鐵+W 環、Vn 鐵、天國飛馬戰鬥陀螺、戰鬥盤、手機--碼表 APP、手機--照相 APP、右迴旋發射器、MII-3000 計重秤
- 三、 實驗步驟：
  1. 使用 MII-3000 計重秤測量中間配件鋼鐵輪盤——BL 鐵、7 號鐵+W 環、Vn 鐵的重量。
  2. 由重到輕，安裝於天國飛馬戰鬥陀螺上，使用右迴旋發射器依序發射，各測量 7 次。
  3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。
- 四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

中間配件重量與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

中間配件重量： 鋼鐵輪盤	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
BL 鐵 28.5G	80.6	64.6	64.6	69.2	74.1	76.5	74.4	71.8
7 號鐵+W 環 27 克	66.3	45	64.5	46.3	49.6	64.2	60.5	57.0
Vn 鐵 24.5 克	63.1	45.6	54.2	55.3	60.2	48.5	58.8	55.4

中間配件重量與戰鬥陀螺旋轉時間關係圖

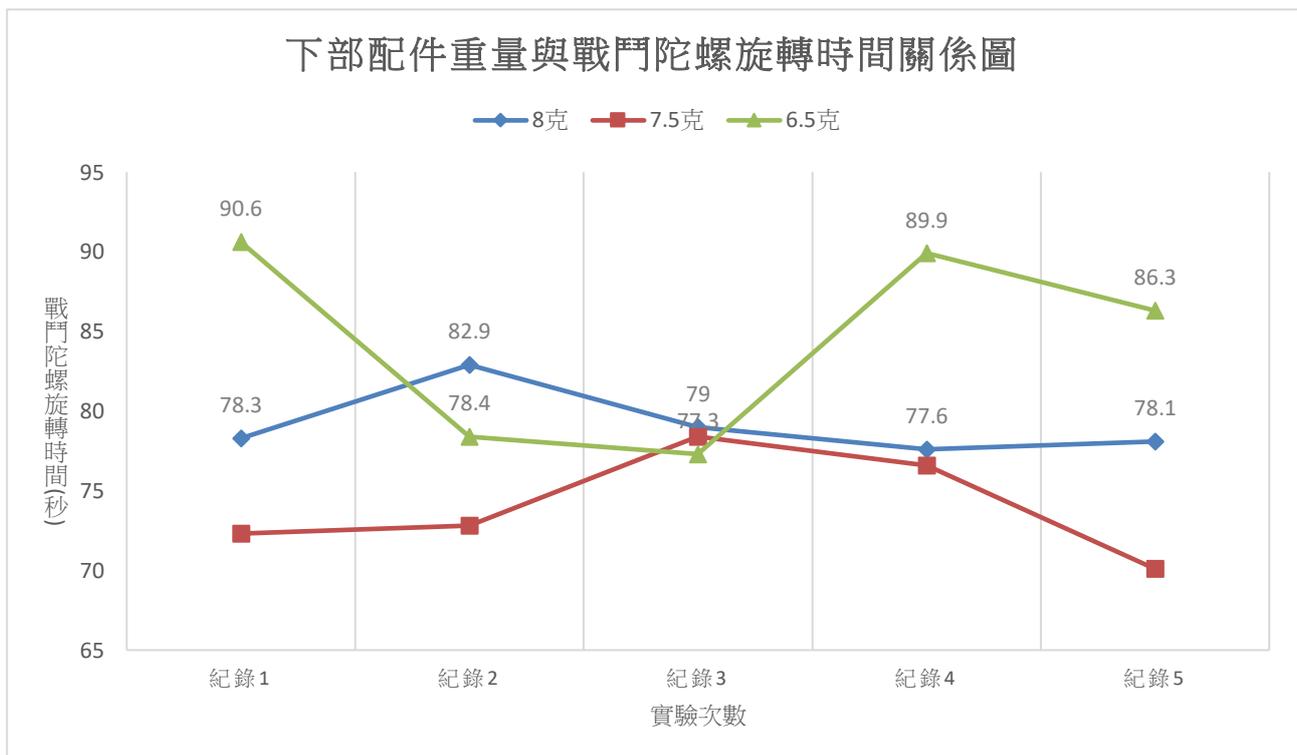


### 【研究目的七】探討下部配件重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

- 一、 實驗假設：下部配件重量越重，因質量越大，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，質量越小，旋轉時間越短。
- 二、 實驗器材：下部配件結晶輪盤——8 克圓底軸心、7.5 克圓底軸心、6.5 克圓底軸心、天國飛馬戰鬥陀螺、戰鬥盤、手機--碼表 APP、手機--照相 APP、右迴旋發射器、MII-3000 計重秤
- 三、 實驗步驟：
  1. 使用 MII-3000 計重秤測量下部配件結晶輪盤——8 克圓底軸心、7.5 克圓底軸心、6.5 克圓底軸心的重量。
  2. 由重到輕，安裝於天國飛馬戰鬥陀螺上，使用右迴旋發射器依序發射，各測量 7 次。
  3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。
- 四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

下部配件重量與戰鬥陀螺旋轉時間統計表

下部配件重量：軸心	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
8 克	84.8	76.2	78.3	82.9	79	77.6	78.1	79.2
7.5 克	78.7	67.7	72.3	72.8	78.4	76.6	70.1	74.0
6.5 克	93.2	76.2	90.6	78.4	77.3	89.9	86.3	84.5



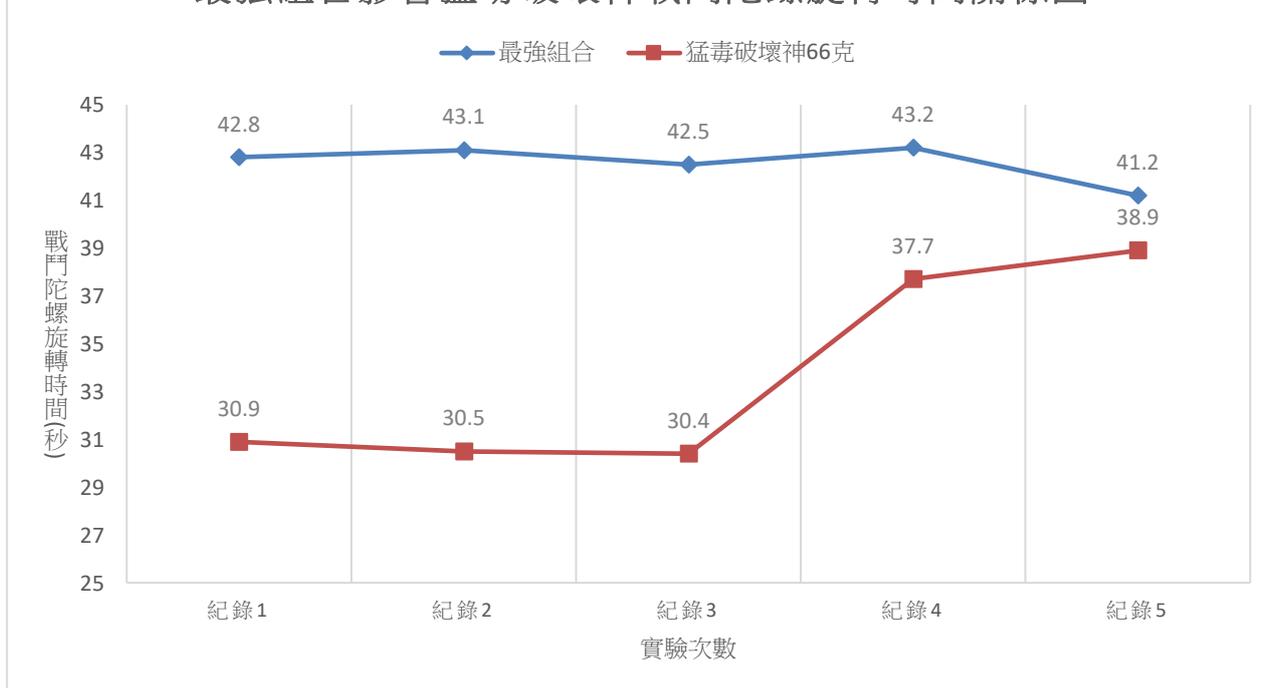
**【研究目的八】組合 11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部配件飛馬結晶輪盤、中間配件 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部配件 6.5 克軸心，是否能提升猛毒破壞神戰鬥陀螺、帝王天龍戰鬥陀螺旋轉時間**

- 一、 實驗假設：最強配件：11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部飛馬結晶輪盤、中間 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部 6.5 克尖底軸心，與猛毒破壞神戰鬥陀螺、帝王天龍戰鬥陀螺組合，能提升兩者的螺旋轉時間
- 二、 實驗器材：11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部飛馬結晶輪盤、中間 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部 6.5 克軸心、猛毒破壞神戰鬥陀螺、帝王天龍戰鬥陀螺
- 三、 實驗步驟：
  1. 將 11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部飛馬結晶輪盤、中間 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部 6.5 克軸心，安裝於破壞神、帝王天龍上。
  2. 各使用右迴旋發射器發射戰鬥陀螺，各測量 7 次。
  3. 記錄戰鬥陀螺旋轉時間後，輸入 EXCEL 進行統計分析。
- 四、 實驗記錄：為減少人為操作時產生的誤差，本研究將 7 次研究的數據，刪除最高與最低的實驗數據後，將其餘 5 次的數據平均。

最強組合影響猛毒破壞神戰鬥陀螺旋轉時間統計表

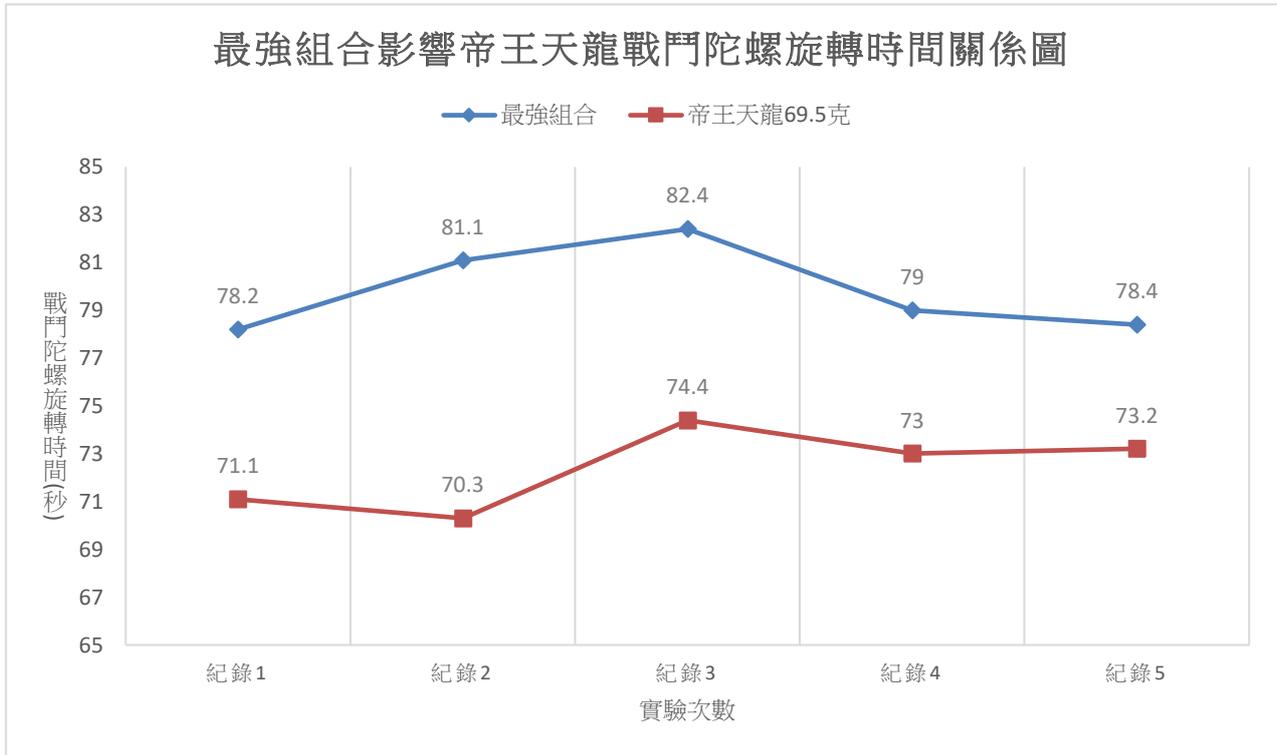
	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
最強組合	47.9	38.6	42.8	43.1	42.5	43.2	41.2	42.6
猛毒破壞神 66 克	28.5	40.6	30.9	30.5	30.4	37.7	38.9	33.7

最強組合影響猛毒破壞神戰鬥陀螺旋轉時間關係圖



最強組合影響帝王天龍戰鬥陀螺旋轉時間統計表

	最高	最低	紀錄 1	紀錄 2	紀錄 3	紀錄 4	紀錄 5	平均
最強組合	94.3	71.6	78.2	81.1	82.4	79	78.4	79.8
帝王天龍 69.5 克	75	68.8	71.1	70.3	74.4	73	73.2	72.4



## 五、 研究結果

### 【研究目的一】探討發射器類型、拉線長度是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

#### 一、 實驗結果：

由統計圖表可知：巨岩小丑戰鬥陀螺旋轉平均秒數最高者，為使用 11.5cm 拉條發射器，其平均秒數為 52.2 秒；其次為 24.5cm 拉條發射器，平均秒數為 51.8 秒；第三為 45cm 拉線發射器，平均秒數為 51.5 秒；平均秒數最短者 50.6 秒，使用 18.5cm 拉條發射器。雖然使用 11.5cm 拉條發射器發射戰鬥陀螺，旋轉時間最持久，但只比最短者多 3.2%。由此可知：*陀螺的發射器類型、拉線長度，對戰鬥陀螺的旋轉時間影響不大，這與我們的實驗假設：「拉條長度越長，顯示拉力越大，所以戰鬥陀螺的旋轉時間越久；拉線型發射器因為長度達 45cm，所以旋轉時間最久」相違背，因此假設未獲支持。*

#### 二、 研究討論：

我們以 11.5cm 拉條、18.5cm 拉條、24.5cm 拉條、45cm 拉線，四種不同長度的拉

線或拉條發射器來發射巨岩小丑戰鬥陀螺，發現最久、最短的旋轉時間僅多 1.6 秒，差距為 3.2%，由此可知：拉線或拉條長度不會影響戰鬥陀螺的旋轉時間。深究其原因，可能是 45cm 拉線長度太長，手無法一次拉到底，或是拉線發射器裡面空間過大，拉線時空拉，造成拉線的力量無法全部發揮；11.5cm、18.5cm、24.5cm 拉條長度不足，蓄力不足，力量亦不足。但是也有可能是因為：拉線長度，也就是力量，本身就跟戰鬥陀螺的旋轉時間無關，而是其他原因造成旋轉時間差異。

## 【研究目的二】探討迴旋方向是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

### 一、 實驗結果：

由統計圖表可知：以右迴旋的軌跡發射傳說巨神戰鬥陀螺，其平均旋轉時間是 39.5 秒；使用左迴旋軌跡發射，則是 43.2 秒，左迴旋發射器比右迴旋發射器平均秒數多 3.7 秒，多了 9.3%。由此可見：以左迴旋發射器發射戰鬥陀螺，會影響戰鬥陀螺旋轉時間，因此我們的實驗假設：「研究者以右手為慣用手，所以右迴旋發射器發射的戰鬥陀螺，旋轉時間最久」未獲支持。

### 二、 研究討論：

右迴旋戰鬥陀螺旋轉時為順時針方向，左迴旋為逆時針方向，本研究戰鬥陀螺的發射者慣用手為右手，因此研究假設為：「右迴旋發射器發射的戰鬥陀螺，旋轉時間最久。」但是，無論是右迴旋發射器還是左迴旋發射器，都與發射後戰鬥陀螺的旋轉方式有關，而非發射時的姿勢，因此研究結果反而是左迴旋的戰鬥陀螺旋轉時間較長。因為左迴旋的戰鬥陀螺屬於攻擊型戰鬥陀螺，轉速較快，較能延長旋轉時間。

## 【研究目的三】探討底部軸心形狀是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

### 一、 實驗結果：

由研究數據得知：底部軸心形狀為尖底時，發射武神阿修羅戰鬥陀螺平均秒數最久，為 61.2 秒；形狀為圓底時次之，為 49.5 秒；底部形狀為平底時最短，為 11.9 秒。底部軸心為尖底時，平均秒數較圓底、平底多 415.5%、316.8%，反之，平底的平均秒數只到圓底、尖底的 24%、19.4%，差距甚大。由此可證：我們的研究假設「底部軸心形狀為尖底，因摩擦力較小，所以戰鬥陀螺旋轉時間最久；圓底次之；平底因摩擦力最大，所以旋轉時間最短」獲得支持。

### 二、 研究討論：

由實驗結果得知：底部軸心為尖底時，因接觸面積最小，戰鬥陀螺與戰鬥盤的摩擦力也最小，因此旋轉時間最久；軸心為平底時，與戰鬥盤的接觸面積最大，產生的摩擦力也最大，所以戰鬥陀螺的旋轉時間最短；而底部軸心為圓底時，與戰鬥盤接觸面積次之，旋轉時間也次之。

為了進一步探究接觸面積與摩擦力的關係，我們利用圓面積公式求出軸心底部面

積，其方式與步驟如下圖所示：



將底部軸心平底拓印於白紙上，再以直尺測得拓印之圓形直徑為 0.8cm，接觸戰鬥盤面積為 2.0096 平方公分，為尖底的 256 倍，圓底的 16 倍

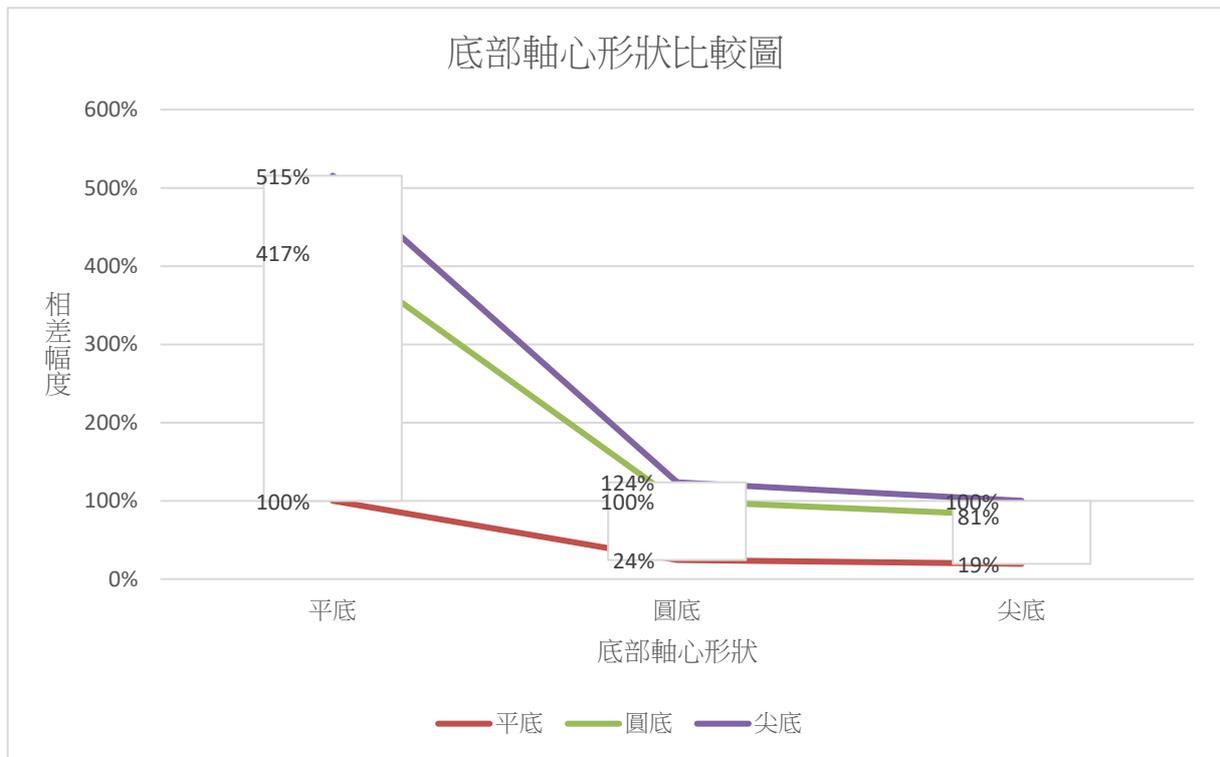


將底部軸心圓底拓印於白紙上，再以直尺測得拓印之圓形直徑為 0.4cm，接觸戰鬥盤的面積為 0.1256 平方公分，為尖底的 16 倍



將底部軸心尖底拓印於白紙上，再以直尺測得拓印之圓形直徑為 0.1cm，接觸戰鬥盤的面積為 0.00785 平方公分

「平底」軸心底部面積為 2.0096 平方公分，旋轉時間為 11.9 秒；「圓底」軸心底部面積為 0.1256 平方公分，旋轉時間為 49.5 秒；「尖底」軸心底部面積為 0.00785 平方公分，戰鬥陀螺旋轉平均秒數為 61.2 秒。「平底」軸心與「圓底」軸心、圓底軸心與「尖底」軸心、「平底」軸心與「尖底」軸心，底部面積相差 16 倍、16 倍、256 倍，平均秒數相差 4.17 倍、1.24 倍、5.16 倍。五年級下學期自然課本提到：「**兩個物體接觸面之間，有一種阻止物體運動的作用力，即為摩擦力。**」「平底」軸心與「尖底」軸心相差 256 倍，秒數相差 5.16 倍，「平底」軸心與「圓底」軸心相差 16 倍，旋轉時間相差 4.17 倍，但圓底軸心與「尖底」軸心的底部面積相差亦為 16 倍，但旋轉平均秒數卻只 1.24 倍的差距，如下圖所示：**接觸面積與摩擦力之間，接觸面積越大，摩擦力越大，阻止戰鬥陀螺運動的作用力也越大，導致平底軸心的戰鬥陀螺旋轉時間最短；但接觸面積小於一定範圍後，摩擦力對於戰鬥陀螺運動的作用力就會降低，旋轉時間也會拉長。**



#### 【研究目的四】探討總重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

##### 一、 實驗結果：

經由實驗結果，我們得知：旋轉時間最久的，是總重量最重的帝王天龍戰鬥陀螺，平均秒數為 72.4 秒；其次是總重量第三名的天國飛馬戰鬥陀螺，平均秒數為 69.3 秒；第三名是總重量最輕的巨岩小丑戰鬥陀螺，平均秒數為 51.6 秒；第四是總重量第四名的斬擊戰神戰鬥陀螺，平均秒數為 37.8 秒；總重量第二名的猛毒破壞神戰鬥陀螺旋轉時間則敬陪末座，秒數為 33.7 秒。總重量最重的戰鬥陀螺，其旋轉時間與其他陀螺相較，按總重量排序，依序多 115%、4.5%、91.3%、40.4%，除了總重量第三名的天國飛馬戰鬥陀螺之外，其餘均超過 40%以上；但總重量第二名的猛毒破壞神，其旋轉時間只達最重者的 46.5%，最輕者的 65.3%；而總重量最輕的巨岩小丑戰鬥陀螺，旋轉時間只達最重者的 71.2%，但相較於總重量第二名、第四名的戰鬥陀螺，卻多了 53.1%、36.3%。因此，本研究假設「**戰鬥陀螺總重量越重，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，旋轉時間越短**」，**僅獲得部分支持**。

##### 二、 研究討論：

本次實驗探討重力對戰鬥陀螺旋轉時間的影響，發現：總重量最重的帝王天龍戰鬥陀螺平均旋轉時間最久，但第二重的猛毒破壞神戰鬥陀螺平均旋轉時間卻最短，較最重者少了 38.7 秒，只達最重者的 46.5%。而第三重的天國飛馬戰鬥陀螺平均旋轉時間排名第二，第四重的斬擊戰神戰鬥陀螺平均旋轉時間為 37.8 秒，較最重者少 34.6 秒，僅達到最重者的 52.3%。平均旋轉時間第三名的巨岩小丑戰鬥陀螺，總重量卻是最後一

名。由此可知：**總重量，也就是重力，並無法判斷戰鬥陀螺的旋轉時間長短，還需檢視戰鬥陀螺的底部軸心形狀、迴旋方向……而定。**在我們閱讀《兒童的科學》183 期，發現戰鬥陀螺的轉動受到：拉條給予的力與力臂呈直角，形成力矩而轉動，**當垂直轉動時，戰鬥陀螺作用力就只有「重量」，重量垂直於底部軸心，此時力矩為 0，根據動量守恆定律，戰鬥陀螺會不停的轉動，但受到摩擦力、空氣阻力耗損能量，才會慢慢停下。**

#### 【研究目的五】探討上部配件重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

##### 一、 實驗結果：

本研究發現：上部配件重量最輕的飛馬結晶輪盤，透過天國底戰鬥陀螺發射，其平均旋轉時間最久，為 66.6 秒；次輕的戰神結晶輪盤，平均旋轉時間為 60.7 秒；第三輕的勇士結晶輪盤，秒數為 52.4 秒，最重的破獲神結晶輪盤，秒數為 45.2 秒。上部配件旋轉時間比例，由輕到重依序為：100%、91.2%、78.7%、67.9%，**上部配件重量越輕，戰鬥陀螺的旋轉時間越久。**所以，本研究目的假設「**上部配件重量越重，因質量越大，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，質量越小，旋轉時間越短**」，未能獲得支持。

##### 二、 研究討論：

研究發現：重量越輕，戰鬥陀螺的重心越不容易偏移，天國底戰鬥陀螺的旋轉時間越久；配件越重，則重心越容易偏掉，使得天國底戰鬥陀螺的旋轉時間變短。從上部配件最高處到底部軸心最底部相距 3.1cm，為戰鬥陀螺中間重心的兩倍高，因此，上部配件重量越重，戰鬥陀螺就會頭重腳輕，使得重心越容易偏移，旋轉時間因而變短，戰鬥陀螺的上部並非陀螺整體的重心所在，且重心越高，反而越加影響陀螺穩定性。



戰鬥陀螺上部配件最上緣，到陀螺底部軸心最尖端，長度為 3.1cm

#### 【研究目的六】探討中間配件重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

##### 一、 實驗結果：

從本研究發現：將天國底戰鬥陀螺，拉佩中間配件最重的 BL 鐵，其旋轉平均秒數為 71.8 秒；次重的 7 號鐵+W 環，平均為 57 秒；Vn 鐵秒數為 55.4 秒。中間配件旋轉時間比例，由輕到重依序為：100%、102.9%、129.5%，得知：**中間部件重量越輕，戰鬥陀螺旋轉時間越短；重量越重，旋轉時間越久。**由此可見：本研究假設「**中間配件重量越重，因質量越大，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，質量越小，旋轉時間越短**」，

獲得支持。

## 二、 研究討論：

戰鬥陀螺中間配件重量越輕，旋轉時間越短；中間配件越重，旋轉時間越久，顯示：戰鬥陀螺中間為整個戰鬥陀螺的重心，重量越重，表示戰鬥陀螺重心越穩定，其旋轉的時間越久；反之，重量越輕，重心越容易偏離而搖晃，使得旋轉變慢，導致旋轉時間變短，**戰鬥陀螺的中間即為整個陀螺的重心所在，經測量後，為尖底軸心最底部垂直向上 1.6cm 處。**



戰鬥陀螺中間配件的中間，到陀螺底部軸心最尖端，長度為 1.6cm

### 【研究目的七】探討下部配件重量是否會影響戰鬥陀螺的旋轉時間

#### 一、 實驗結果：

從研究得知：下部配件重量最重的軸心，天國底戰鬥陀螺的旋轉時間為 79.2 秒；次重軸心旋轉時間 74 秒；最輕的軸心，其旋轉時間為 84.5 秒。下部配件旋轉時間比例，由輕到重依序為：93.7%、87.6%，顯示：**下部配件越輕，旋轉時間越久；相反地，下部配件越重，旋轉時間越短。**因此本研究假設「**下部配件重量越重，因質量越大，戰鬥陀螺旋轉時間最久；重量越輕，質量越小，旋轉時間越短。**」，未能獲得支持。

#### 二、 研究討論：

戰鬥陀螺下部配件實驗數據起伏不定，大致上是重量越輕，其旋轉時間越久；重量越重，旋轉時間卻最短，由此可以：**戰鬥陀螺的下部並不是整個陀螺的重心所在，才會產生重量越輕，旋轉時間越久，越重時間越短的現象。**

### 【研究目的八】組合 11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部配件飛馬結晶輪盤、中間配件 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部配件 6.5 克軸心，是否能提升猛毒破壞神戰鬥陀螺、帝王天龍戰鬥陀螺旋轉時間

#### 一、 實驗結果：

將本研究實驗結果所得到的最強零件組合起來：尖底軸心、上部飛馬結晶輪盤、中間 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部 6.5 克尖底軸心，安裝於總重量最輕之猛毒破壞神戰鬥陀螺上，並以 1.5cm 拉條、左迴旋發射器發射戰鬥陀螺，測得旋轉平均秒數為 42.6 秒，較原本猛毒破壞神戰鬥陀螺多了 33.7 秒，增加了 26.4%；再將尖底軸心、上部飛馬結晶輪盤、中間 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部 6.5 克尖底軸心，安裝於總重量最重之帝王天龍戰鬥

陀螺上，測得旋轉時間為 79.8 秒，較原本帝王天龍戰鬥陀螺多了 72.4 秒，增加 10.2%。顯示本研究假設：「11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部配件飛馬結晶輪盤、中間配件 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部配件 6.5 克尖底軸心，與猛毒破壞神戰鬥陀螺、帝王天龍戰鬥陀螺組合，能提升兩者的螺旋轉時間」獲得支持。

## 二、 研究討論：

在實驗中，我們發現「11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部配件飛馬結晶輪盤、中間配件 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部配件 6.5 克尖底軸心」是戰鬥陀螺各部位的配件裡面最強的，因此我們將這幾項配件安裝於總重量最重、旋轉時間也最久的帝王天龍戰鬥陀螺，以及總重量第二重、旋轉時間卻最短的猛毒破壞神戰鬥陀螺上。實驗結果得知：這些配件增加了猛毒破壞神戰鬥陀螺的平均旋轉時間 8.9 秒，提升多了 26.4%；增加了帝王天龍戰鬥陀螺平均旋轉時間 7.4 秒，提升了 10.2%。顯示：「11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部配件飛馬結晶輪盤、中間配件 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部配件 6.5 克尖底軸心」，可有效提升戰鬥陀螺平均旋轉時間，其提升效果「最短的」戰鬥陀螺比「最久的」戰鬥陀螺多了兩倍有餘。

## 六、 討論

### 一、 發射器力量(長度)不會影響戰鬥陀螺旋轉時間：

本研究分別以 11.5cm、18.5cm、24.5cm、45cm 拉線發射器發射巨岩小丑戰鬥陀螺，發現其最久旋轉時間，僅比最短的旋轉時間多 1.6 秒，差距 3.2%。因此我們認為：拉線或拉條長度，也就是發射力量並不會影響戰鬥陀螺的旋轉時間，而是其他因素造成戰鬥陀螺旋轉時間上的不同。

### 二、 迴旋方向會影響戰鬥陀螺旋轉時間：

巨岩小丑戰鬥陀螺是少數可以雙迴旋發射的戰鬥陀螺，無論採右迴旋發射，還是左迴旋發射，發射者發射戰鬥陀螺時的姿勢都相同，並不受慣用手的影響，唯一不同的只有巨岩小丑戰鬥陀螺發射後的旋轉方向。左迴旋的戰鬥陀螺屬於攻擊型戰鬥陀螺，轉速較快，較能延長旋轉時間，所以經由本研究發現：左迴旋的戰鬥陀螺旋轉時間較久。

### 三、 摩擦力對戰鬥陀螺旋轉時間的影響最大：

「兩個物體接觸面之間，有一種阻止物體運動的作用力，即為摩擦力。」我們發現：尖底軸心的戰鬥陀螺，與戰鬥盤產生的摩擦力最小，因此旋轉時間最久；平底軸心戰鬥陀螺與戰鬥盤的接觸面積最大，摩擦力也最大，所以旋轉時間最短；而戰鬥陀螺為底部軸心為圓底時，與戰鬥盤接觸面積次之，旋轉時間也次之。雖然，接觸面積越大，摩擦力越大，阻止戰鬥陀螺運動的作用力也越大；但接觸面積小於一定範圍後，摩擦力對於戰鬥陀螺運動的作用力降低，旋轉時間亦會拉長。

#### 四、 重力對戰鬥陀螺旋轉時間的影響不一：

地球上每一種物體都會受到重力的影響，物體本身的重量就是該物體在地球所受力的的大小，這種*地球對物體的吸引力*稱為「*重力*」。拉條給予戰鬥陀螺的力與力臂呈直角，形成力矩而轉動，*當戰鬥陀螺垂直轉動時，作用力就只有「重量」，重量垂直於底部軸心，此時力矩為0，根據動量守恆定律，戰鬥陀螺會不停的轉動，但受到摩擦力、空氣阻力耗損能量，才會慢慢停下*。本研究的研究結果也發現：戰鬥陀螺重量，也就是重力對旋轉時間的影響不一，旋轉時間與總重量不成正比，從總重量(重力)無法判斷戰鬥陀螺的旋轉時間長短，還需檢視戰鬥陀螺的底部軸心形狀、迴旋方向等其他因素。

#### 五、 重心會影響戰鬥陀螺旋轉時間，其中上部配件重量影響最大，下部配件重量影響最小，中間則為戰鬥陀螺重心所在：

戰鬥陀螺的上部、下部並非戰鬥陀螺重心所在，中間部分才是，我們還發現：重心越高，戰鬥陀螺的穩定性越差，所以戰鬥陀螺上部配件的數據即為重量越輕，旋轉時間越久，重量越重，旋轉時間越短的反差。而戰鬥陀螺中間配件呈現正比的數據，重量越輕旋轉時間越短，越重旋轉時間越久。戰鬥陀螺下部配件的實驗數據起起伏伏，大致呈現重量越輕，旋轉時間越久，越重時間越短的現象，所以戰鬥陀螺的下部並不是重心所在。其中，上部重心改變對戰鬥陀螺旋轉產生偏離，影響旋轉時間最大，下部重心改變則影響最小。

#### 六、 最強配件會提升戰鬥陀螺旋轉時間，最輕的戰鬥陀螺比最重的戰鬥陀螺影響超過 10%：

我們將「11.5cm 拉條、左迴旋發射器、尖底軸心、上部配件飛馬結晶輪盤、中間配件 BL 鐵鋼鐵輪盤、下部配件 6.5 克尖底軸心」稱為戰鬥陀螺各部位最強配件，並安裝於旋轉時間最久的帝王天龍戰鬥陀螺，以及旋轉時間最短的猛毒破壞神戰鬥陀螺上。結果發現：這些配件提升了猛毒破壞神戰鬥陀螺的平均旋轉時間 26.4%；提升了帝王天龍戰鬥陀螺平均旋轉時間 10.2%。顯示：最強配件可有效提升戰鬥陀螺平均旋轉時間，其提升效果，「最短的」戰鬥陀螺比「最久的」戰鬥陀螺多了兩倍有餘。

#### 七、 影響戰鬥陀螺旋轉時間的因素主要是「摩擦力」、「重心」：

戰鬥陀螺為高速旋轉的一項競速活動，在高速下，「摩擦力」的大小將影響戰鬥陀螺的旋轉時間。我們發現：平底軸心與戰鬥盤的接觸面積最大，摩擦力也最大，所以平均旋轉時間最短；圓底軸心接觸面積次之，產生的摩擦力亦次之，平均旋轉時間亦次之；間底軸心的接觸面積最少，摩擦力也最小，平均旋轉時間則最久。而且三者的平均旋轉時間差距達 4.17 倍、5.16 倍之多，但接觸面積小於一定範圍時，摩擦力的影響就會降低，平均旋轉時間也會變久。

我們藉由改變上部配件、中間配件、下部配件重量，來改變戰鬥陀螺的重心位置，進而尋找戰鬥陀螺的重心位置。我們發覺到：讓戰鬥陀螺的重心放在上部，也就是增加上部配件重量時，因重心偏移導致旋轉時間變短，減少上部配件重量時，旋轉時間

則增長；增加戰鬥陀螺中間重量，也就是將重心移至中間時，則重量越重，旋轉時間越久，重量越輕，旋轉時間越短；而將重心改到戰鬥陀螺下部時，戰鬥陀螺的旋轉時間則起伏不定，影響不明顯。由此可知：戰鬥陀螺的「重心」可影響旋轉時間。

綜合以上所述，「摩擦力」、「重心」都會影響戰鬥陀螺平均旋轉時間，其中「摩擦力」的影響效果最顯著，但小於一定範圍後，摩擦力的影響將降低。而穩定戰鬥陀螺的「重心」，可提升戰鬥陀螺的平均旋轉時間，尤其是減輕戰鬥陀螺上部的重量，讓戰鬥陀螺的重心移至中間或下部，對於增加平均旋轉時間至為重要。

## 八、 未來與展望：

### 1. 施測者雖為同一人，但發射的力道與高度無法每次都一致：

本研究為使實驗數據不至出現過大的誤差，每次實驗均由黃同學執行發射戰鬥陀螺任務，葉同學負責碼表計時，吳同學負責照相，紀錄工作則由徐同學擔任。但，人終究不是機器，無法於發射戰鬥陀螺時，全部都在固定的高度、一致的力道發射，才會出現實驗數據浮動過大的情形。雖然本研究將 7 次實驗數據刪除最高值與最低值後再平均，可是為了讓本研究的實驗數據更穩定，可讓每一位研究同學均輪替執行發射任務 7 次後，再刪除最高值與最低值後平均，讓研究結果更可靠。

### 2. 每個實驗的操作次數只有 7 次，可再增加：

本研究每項研究目的的實驗操作次數只有 7 次，每次再刪除最高值與最低值後再平均。如果讓每一位研究同學都執行發射戰鬥陀螺工作，實驗次數可達 35 次之多，再刪除最高與最低值，仍有 25 次的實驗數據可平均，將可大大提升本研究的實驗可信度。

### 3. 戰鬥陀螺的種類與配件繁多，亦有各自的搭配方式，許多戰鬥陀螺與配件無法一一納入：

戰鬥陀螺的種類繁多，各項配件更是多如牛毛，有的戰鬥陀螺只能以右迴旋發射器發射，有些戰鬥陀螺只能搭配底部軸心，有些則無法裝載某種上部結晶輪盤……。雖然我們已經選出最具代表性的發射器種類、軸心形狀、戰鬥陀螺品項與各種上部、中間、下部配件，期能讓本研究更加完美無缺，但是因為時間有限，仍有許多遺珠之憾無法入選，令人遺憾！

## 七、 結論

在好奇心的驅使下，我們展開了增長戰鬥陀螺旋轉時間的研究。在研究的過程中，我們遇到許多魔王等級的困難關卡，其中最大的魔王就是我們的班導師，也是我們的科展指導老師。老師總會出些難題考我們，邊提示邊問我們問題，不但使我們成長和成功，還幫助我們鍛練出堅不可摧的勇氣。我們努力不懈的探究，突破了重重關卡，終於瞭解到如何提升戰鬥

陀螺旋轉時間的方法，透過這些方法，讓我們的戰鬥陀螺，競賽中能夠風馳電掣，成為「超級的」戰鬥陀螺。

## 八、 參考文獻資料

兒童的科學 183 之磁力大探究一般版(2020.7)。科學 Q&A：玩具轉轉轉。匯識教育出版社。

林昱甫、趙祐德、楊子賢(2004)。Ready set go！轉，轉，轉。民 110 年 2 月 6 日，取自：臺灣網路科教館第 44 屆全國中小學科展國小組生活與應用科學科：

[https://www.ntsec.edu.tw/Science-](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=524&sid=1417)

[Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=524&sid=1417](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=524&sid=1417)。

邵自婷。百勝戰鬥陀螺。民 110 年 2 月 6 日，取自：臺北市健康國小：<http://xn--nyq98duso0hppiq7ciqb.tw/93/6%E5%B9%B4%E7%B4%9A/60629%E7%99%BE%E5%8B%9D%E6%88%B0%E9%AC%A5%E9%99%80%E8%9E%BA.htm>。

<http://xn--nyq98duso0hppiq7ciqb.tw/93/6%E5%B9%B4%E7%B4%9A/60629%E7%99%BE%E5%8B%9D%E6%88%B0%E9%AC%A5%E9%99%80%E8%9E%BA.htm>。

國小五下自然與生活科技領域(2020)。第 4 單元力與運動—活動 1 力的測量、活動 2 摩擦力。南一出版社。

張孔博、石庭宇、呂柏漢、黃濤珩(2002)。魔力？摩力！---我的陀螺會倒立。民 110 年 2 月 6 日，取自：臺灣網路科教館第 42 屆全國中小學科展國中組物理科：

[https://www.ntsec.edu.tw/Science-](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=39&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=445)

[Content.aspx?cat=39&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=445](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=39&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=445)。

楊秉成;黃建智(2018)。轉吧～指尖陀螺！。民 110 年 2 月 6 日，取自：臺灣網路科教館第 58 屆全國中小學科展國小組物理科：[https://www.ntsec.edu.tw/Science-](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=21&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=15330)

[Content.aspx?cat=21&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=15330](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=21&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=15330)。

詹博恩、林郁軒、洪瑞陽、尤智德(2002)。爆轉！最強的戰鬥陀螺！。民 110 年 2 月 6 日，取自：臺灣網路科教館國小組生活與應用科學科：[https://www.ntsec.edu.tw/Science-](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=39&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=739)

[Content.aspx?cat=39&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=739](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=39&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=739)。

劉心揚;曹智昇(2010)。陀螺大「倒」~就是要「翻」！。民 110 年 2 月 6 日，取自：臺灣網路科教館第 50 屆全國中小學科展國中組生活與應用科學科：

[https://www.ntsec.edu.tw/Science-](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=392&sid=5517)

[Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=392&sid=5517](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=392&sid=5517)。