

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

佳作

081516

音速小子—神奇電動小馬達

學校名稱： 高雄市三民區十全國民小學

作者： 小六 呂俊毅 小六 黃婷筠 小六 張瓊云 小六 王永羽 小六 林冠佑	指導老師： 呂明吉、 陳虹紋
---	-------------------

關鍵詞：強力磁鐵、電流磁效應、小馬達

# 音速小子—神奇電動小馬達

## 壹、摘要：

本研究一開始是針對兩種不同規格的強力磁鐵做立體及平面式的磁力線觀察。較特別的結果是：在磁極正面的磁力線集中分布於邊緣處，在中央部位則磁力線分布較少。

在研究二(二)中，電線以並聯方式連接，電線數越多條聚集時，其磁針偏轉角度幾乎都沒有改變，不符合歐姆定律。後來每條電線再加裝一顆燈泡重做並聯的實驗，結果發現：電線數越多條聚集時，其磁針偏轉角度就有增加的趨勢，符合了歐姆定律。

研究三中，我們利用自創的駐波個數法及雙星錐擺法，都可驗證：強力磁鐵數越多時，其旋轉速率都有增加的趨勢。

研究四中，我們改用浮力裝置來進行實驗，結果發現：強力磁鐵數越多時，其旋轉一圈所需時間有減少的趨勢，即轉速有增加的趨勢。

## 貳、研究動機：

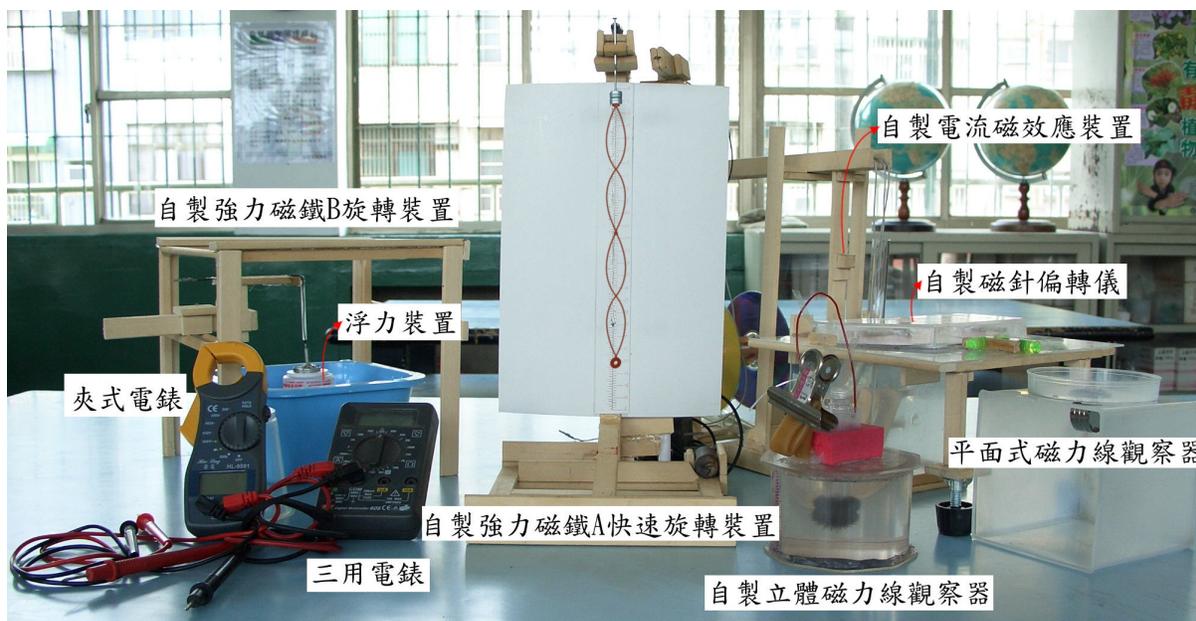
有一次老師示範一個簡易的電動機實驗給我們看，我們看了覺得很神奇，不僅不需要纏繞漆包線，就可以產生高速的旋轉。剛好南一版六下自然與生活科技第二單元有介紹奇妙的電磁世界，於是我們幾個覺得此實驗很有趣的好朋友就相邀去找老師，希望老師能指導我們進行一些相關的實驗研究，對於我們往後要學習的單元可以更清楚和了解。

## 參、研究目的：

- 一、觀察兩種強力磁鐵 A 和 B 的磁力線分布情形
- 二、利用電流磁效應的裝置來探討當電線分別為串聯和並聯時，電壓大小、電線數和電流及磁針偏轉角度的關係
- 三、利用電流磁效應的原理來使強力磁鐵 A 快速旋轉，並探討磁鐵數和轉速之間的關係
- 四、利用電流磁效應的原理來使強力磁鐵 B 旋轉，並探討磁鐵數和轉速之間的關係

#### 肆、研究設備與器材：

自製立體磁力線觀察器、鐵粉、矽油、培養皿、強力磁鐵 A（直徑 0.8cm）、強化磁鐵 B（直徑 1.5cm）、自製電流磁效應裝置、自製磁針偏轉儀、電線、燈泡、變壓整流器（2.47V、5.08V、6.98V、9.06V、11.05V、13.23V）、三用電錶、夾式電錶、自製強力磁鐵 A 快速旋轉裝置、自製強力磁鐵 B 旋轉裝置、鐵釘、毛線、小鐵環、水槽，浮力裝置、DV、數位相機和電腦。



圖一 儀器裝置圖

#### 伍、研究過程與方法：

研究一、觀察兩種強化磁鐵 A 和 B 的磁力線分布情形

過程與方法：

- (一) 將矽油加入自製立體磁力線觀察器內，並加入適量鐵粉均勻搖散。
- (二) 分別將 1、2、3、4、5 顆強力磁鐵 A 放入步驟(一)的裝置內，十分鐘後觀察其磁力線的分布情形並用數位相機拍攝記錄。
- (三) 分別用 1、2、3、4、5 顆強力磁鐵 B 重複步驟(二)做實驗。
- (四) 分別將 1、2、3、4、5 顆強化磁鐵 A 的正面及側面放在培養皿的下方，從上面透過細網將鐵粉均勻灑下，觀察其磁力線的分布情形並用數位相機拍攝記錄。
- (五) 分別用 1、2、3、4、5 顆強力磁鐵 B 重複步驟(四)做實驗。

**研究二**、利用電流磁效應的裝置來探討當電線分別為串聯和並聯時，在不同電壓下，電線數和磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線電流的關係

**過程與方法：**

- (一) 利用電流磁效應的裝置，並用變壓整流器分別提供 5.08V、6.98V、9.06V、11.05V、13.23V 的電壓來分別測量電線呈串聯時，1~12 條電線分別聚在一起所導致磁針偏轉的角度。並利用夾式電錶分別測量和記錄其電線總電流及單條電線的電流。
- (二) 將電線改成並聯，固定電壓為 5.08V，分別測量 1~6 條電線分別聚在一起所導致磁針偏轉的角度。並利用夾式電錶分別測量和記錄其電線總電流及單條電線的電流。
- (三) 在每條電線加裝一個燈泡，然後重複步驟(二)做實驗。

**研究三：**探討比較不同顆數的強力磁鐵 A 懸吊時的旋轉速率快慢

**過程與方法：**

- (一) 利用自製強力磁鐵 A 快速旋轉裝置，參考右圖二。
- (二) 分別利用 1、2、3、4、5 顆強力磁鐵 A 置於裝置中，並在強力磁鐵下方懸吊一繫有小圓環的棉線，通電後用 DV 拍攝並觀察強力磁鐵旋轉帶動棉線的運動情形，最後用電腦擷取 DV 並分析數據。
- (三) 在棉線下方再多加一活動的小圓環，重複步驟(二)做實驗。

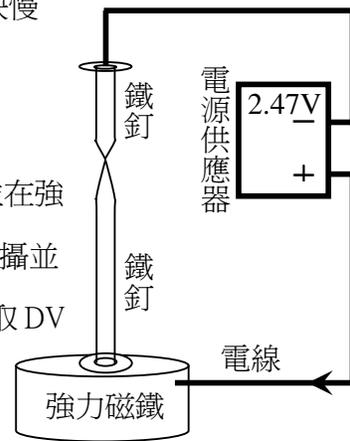


圖 二

**研究四：**探討比較不同顆數的強力磁鐵 B 在水面上的旋轉速率快慢

**過程與方法：**

- (一) 利用自製強力磁鐵 B 旋轉裝置，參考右圖三。
- (二) 分別將 1、2、3、4、5 顆強力磁鐵 B 置於浮力裝置上，通電後用 DV 拍攝並觀察強力磁鐵旋轉的情形，最後用電腦擷取 DV 並分析數據。

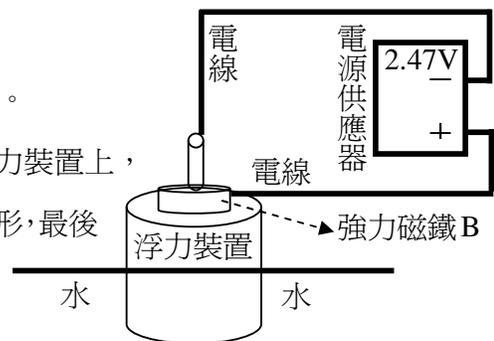
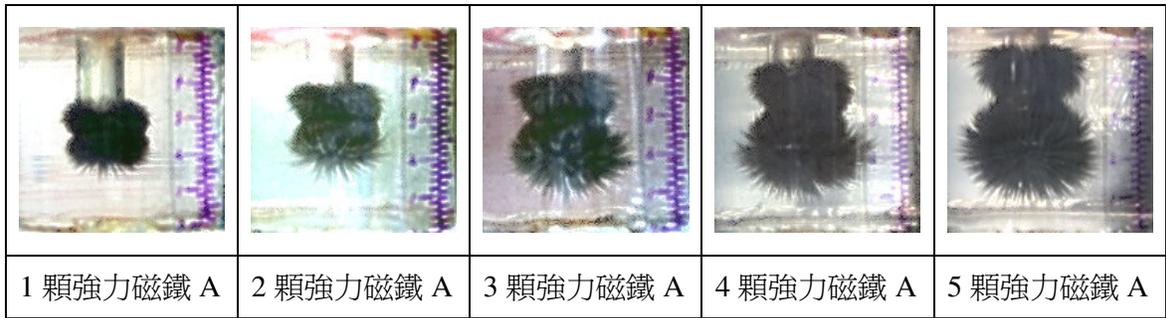


圖 三

陸、研究結果：

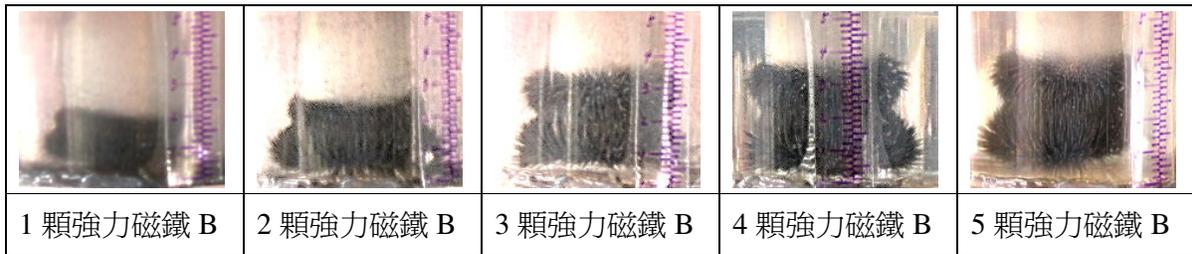
研究一：觀察兩種強力磁鐵 A 和 B 的磁力線分布情形

(一) 強力磁鐵 A 的立體磁力線分布情形



圖四 不同數量的強力磁鐵 A 之立體磁力線分布情形

(二) 強力磁鐵 B 的立體磁力線分布情形



圖五 不同數量的強力磁鐵 B 之立體磁力線分布情形

說明：

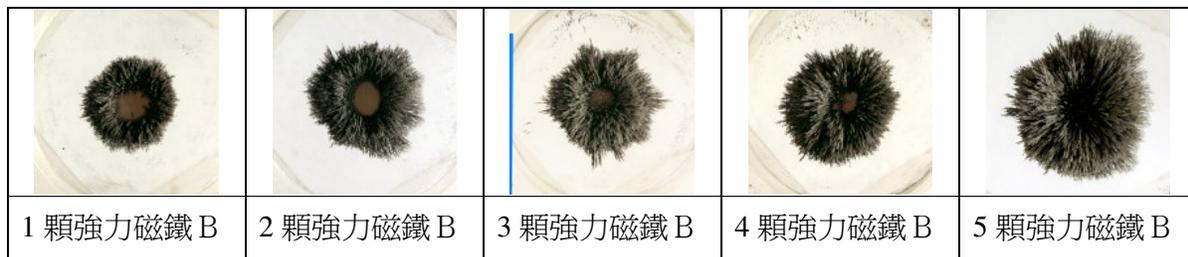
1. 強力磁鐵 A 和 B 的顆數越多，則其磁力線分布就越多而密集。
2. 強力磁鐵 A 和 B 的顆數越多，則其磁極兩端磁力線分布就越密；相對地在中間部位的磁力線分布就較疏。

(三) 強力磁鐵 A 之磁極正面的磁力線分布情形



圖六 不同數量的強力磁鐵 A 之磁極正面磁力線分布情形

(四) 強力磁鐵 B 之磁極正面的磁力線分布情形

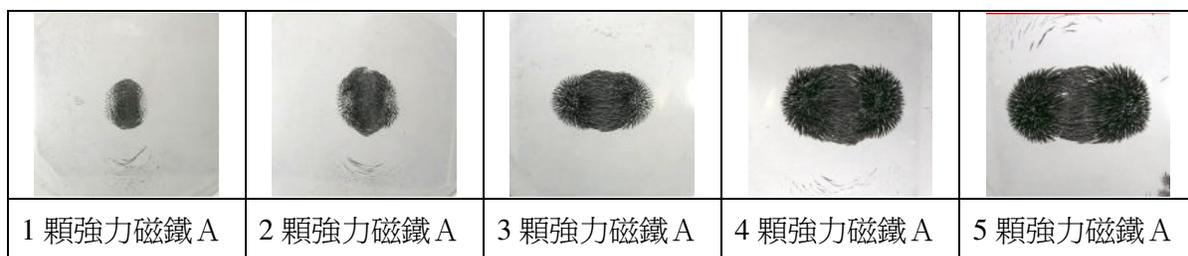


圖七 不同數量的強力磁鐵 B 之磁極正面磁力線分布情形

說明：

1. 強力磁鐵的顆數越多，則其磁力線分布就越廣且多而密集。
2. 強力磁鐵 B 在磁極正面的磁力線分布是集中在邊緣處，在磁極中央幾乎沒有磁力線的分布。對於強力磁鐵 A 而言，其正面的磁力線分布就較為均勻。

(五) 強力磁鐵 A 之側面的磁力線分布情形



圖八 不同數量的強力磁鐵 A 之側面的磁力線分布情形

(六) 強力磁鐵 B 之側面的磁力線分布情形



圖九 不同數量的強力磁鐵 B 之側面的磁力線分布情形

說明：

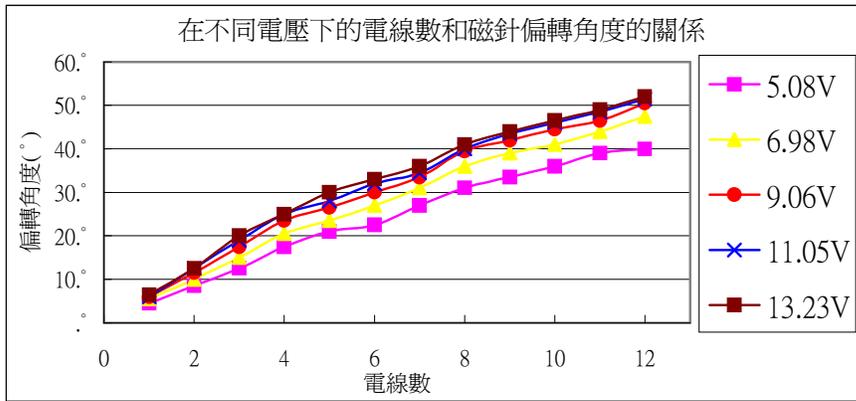
1. 強力磁鐵的顆數越多，則其磁力線分布就越廣且多而密集。
2. 磁力線分布是集中在磁極兩端，在非磁極的中間部位則磁力線的分布就較疏。

**研究二：**利用電流磁效應的裝置來探討當電線分別為串聯和並聯時，電壓大小、電線數和磁針偏轉角度的關係

(一) 電線為串聯時，在不同電壓下，電線數和磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線電流的關係

表一：電線為串聯時，在不同電壓下，電線數和磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線電流的關係

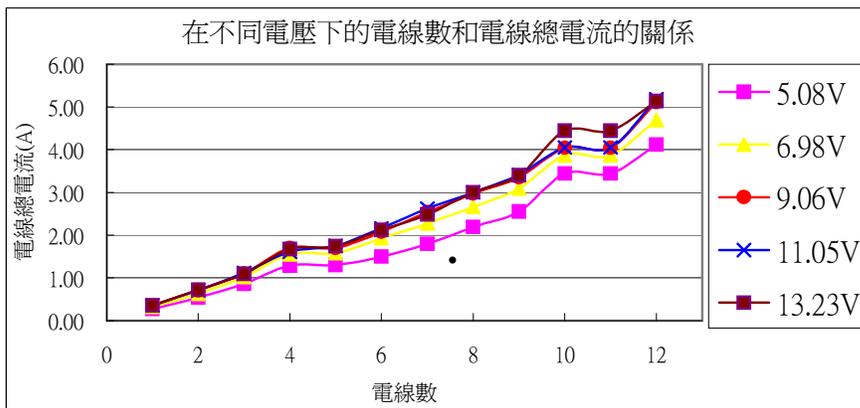
電線數	電壓	電線總電流(A)	單條電流(A)	磁針偏轉	電壓	電線總電流(A)	單條電流(A)	磁針偏轉	電壓	電線總電流(A)	單條電流(A)	磁針偏轉
1	5.08 V	0.27	0.26	4.5°	6.98 V	0.32	0.32	5.5°	9.06 V	0.36	0.36	6.°
2		0.54	0.26	8.5°		0.63	0.31	10.°		0.71	0.34	11.5°
3		0.86	0.27	12.5°		1.02	0.32	15.°		1.10	0.35	17.5°
4		1.29	0.30	17.5°		1.55	0.37	20.5°		1.70	0.40	23.5°
5		1.30	0.24	21.°		1.58	0.29	23.5°		1.70	0.32	26.5°
6		1.50	0.22	22.5°		1.93	0.27	27.°		2.08	0.33	30.°
7		1.80	0.26	27.°		2.27	0.30	31.°		2.54	0.34	33.5°
8		2.19	0.25	31.°		2.66	0.33	36.°		2.97	0.36	39.5°
9		2.55	0.26	33.5°		3.09	0.33	39.°		3.35	0.36	42.°
10		3.44	0.28	36.°		3.87	0.32	41.°		4.04	0.36	44.5°
11		3.44	0.28	39.°		3.87	0.32	44.°		4.04	0.36	46.5°
12		4.12	0.31	40.°		4.69	0.37	47.5°		5.11	0.40	50.5°
1	11.05 V	0.36	0.36	6.°	13.2 3 V	0.36	0.36	6.5°				
2		0.71	0.35	12.5°		0.72	0.35	12.5°				
3		1.12	0.36	19°		1.09	0.35	20.°				
4		1.61	0.4	25°		1.67	0.40	25.°				
5		1.75	0.33	28°		1.74	0.33	30.°				
6		2.16	0.33	32°		2.12	0.33	33.°				
7		2.62	0.35	34.5°		2.48	0.34	36.°				
8		3	0.35	40°		3.00	0.36	41.°				
9		3.41	0.37	43.5°		3.40	0.37	44.°				
10		4.05	0.36	46°		4.44	0.38	46.5°				
11		4.05	0.36	48.5°		4.44	0.38	49.°				
12		5.18	0.42	51.5°		5.13	0.41	52.°				



圖十 電線為串聯時，在不同電壓下的電線數和磁針偏轉角度的關係圖

說明：

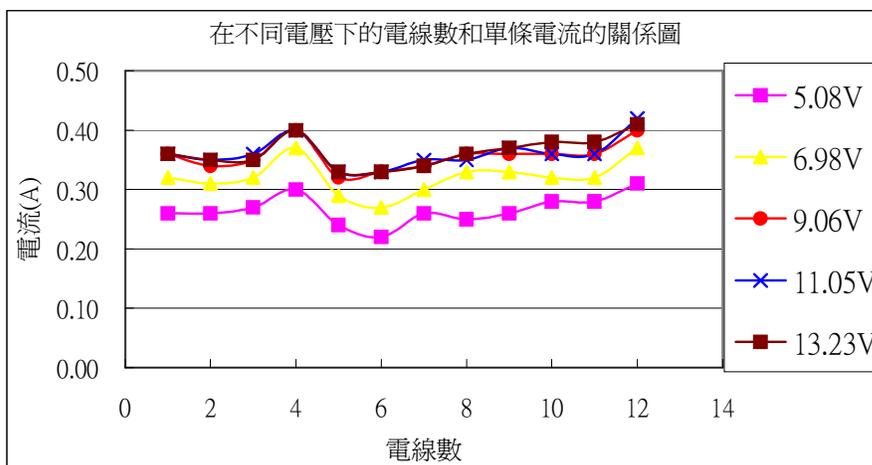
1. 電線數越多，磁針偏轉的角度越大。



圖十一 電線為串聯時，在不同電壓下的電線數和電線總電流的關係圖

說明：

2. 電線數越多，則電線總電流也呈現增加的趨勢。



圖十二 電線為串聯時，在不同電壓下的電線數和單條電線電流的關係圖

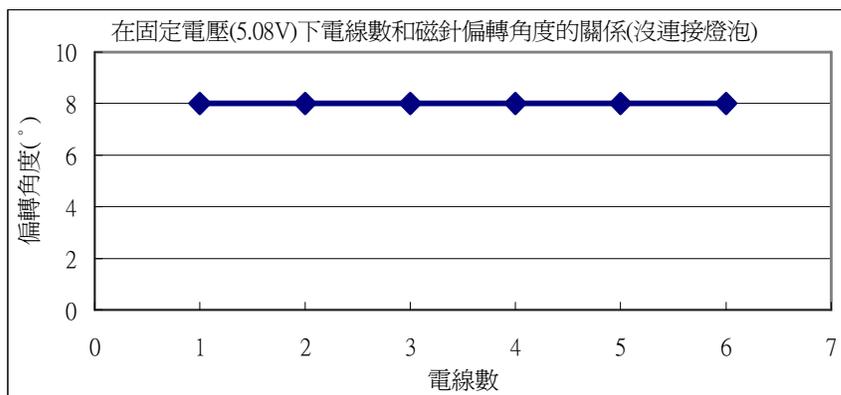
說明：

3. 當電線數變多時，其單條電線電流並沒有增加的趨勢，且並沒有多大的改變。
4. 由上圖八、圖九、圖十可知：當電壓越大時，則其磁針偏轉角度、電線總電流和單條電線電流都會隨之增加。

做完以上利用電線串聯的實驗，我們也想知道將電線並聯時，是否也是得到相同的結果，於是進行下面的實驗。

(二) 電線為並聯時，在固定電壓(5.08V)下，電線數和磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線平均電流的關係(都不連接燈泡)

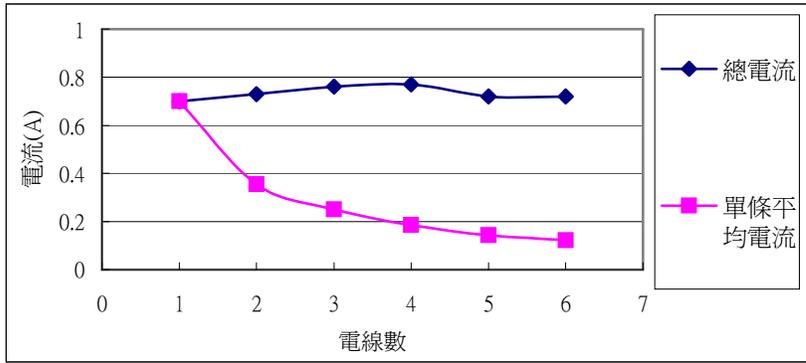
1	0.70	0.70						0.70	8°
2	0.73	0.36	0.35					0.36	8°
3	0.76	0.25	0.24	0.26				0.25	8°
4	0.77	0.17	0.20	0.19	0.18			0.19	8°
5	0.72	0.16	0.14	0.15	0.14	0.13		0.14	8°
6	0.72	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.12	8°



圖十三 電線為並聯時，在固定電壓 5.08V 下電線數和磁針偏轉角度的關係圖(不接燈泡)

說明：

1. 當電線數變多時，磁針偏轉角度一直都維持定值，並沒有改變。



圖十四 電線為並聯，電壓為 5.08V 下電線數和總電流及單條平均電流的關係圖(不接燈泡)

說明：

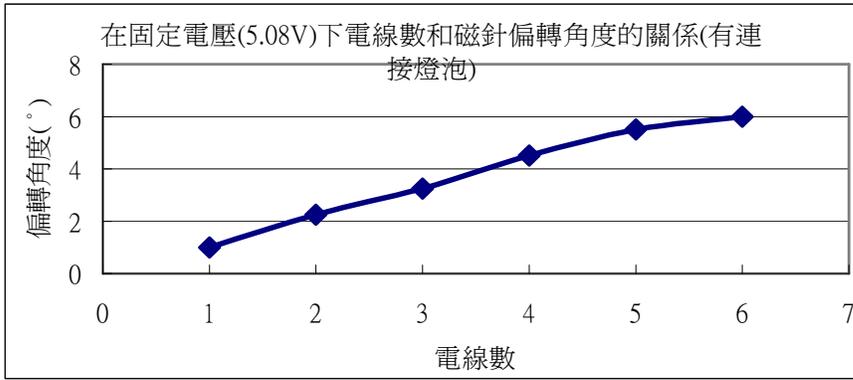
2. 當電線數變多時，總電流並沒有增加的趨勢，且並沒有多大的改變。
3. 當電線數變多時，單條電線的平均電流有減少的趨勢，且漸趨緩和。

以上實驗的結果大出我們意料之外，因為根據歐姆定律  $V = I \cdot R$ （當電阻並聯越多時，則總電阻越小，總電流會越大），可是實驗結果得知總電流幾乎不變，故我們猜測可能是電線的電阻很小（ $\approx 0$ ），所以才不符合歐姆定律，所以我們把每條電線再加裝一顆燈泡（增加電阻）來進行以下實驗。

(三) 電線為並聯時，在固定電壓(5.08V)下，電線數和磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線平均電流的關係(每條電線皆連接一個燈泡)

表三：電線為並聯時，在固定電壓5.08V下，電線數和磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線平均電流的關係(每條電線皆連接一個燈泡)

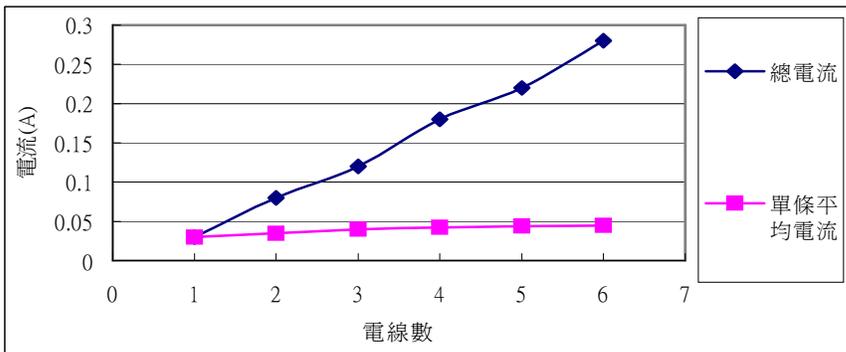
電線數	電線總電流(A)	單條電流(A)							磁針偏轉角度
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	平均	
1	0.03	0.03						0.030	1.°
2	0.08	0.04	0.03					0.035	2.°
3	0.12	0.04	0.04	0.04				0.040	3.°
4	0.18	0.04	0.05	0.04	0.04			0.043	4.5°
5	0.23	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04		0.046	5.5°
6	0.30	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.048	6.°



圖十五 電線為並聯時，在固定電壓 5.08V 下電線數和磁針偏轉角度的關係圖(有接燈泡)

說明：

1. 每條電線皆連接一個燈泡後，當電線數變多時，其磁針偏轉角度有增加的趨勢。



圖十六 電線為並聯，電壓為 5.08V 下電線數和總電流及單條平均電流的關係圖(接燈泡)

說明：

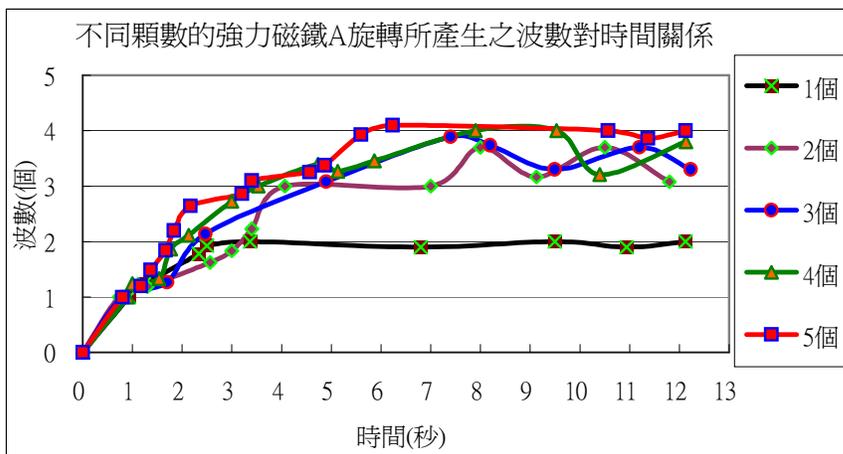
2. 每條電線皆連接一個燈泡後，當電線數變多時，其電線總電流有隨之增加的趨勢，符合了歐姆定律。
3. 當電線數變多時，其每條電線平均電流雖然也有隨之增加的趨勢，但增加的幅度很小。

**研究三：**利用電流磁效應的原理來使強力磁鐵 A 快速旋轉，並探討磁鐵數對轉速的影響

(一) 比較強力磁鐵 A 旋轉轉速快慢的方法之一：駐波個數法

表四：不同顆數的強力磁鐵A旋轉所產生的波數對時間的關係

1 個	time(sec)	0	0.93	1.23	2.33	2.50	3.37	6.80	9.50	10.94	12.13						
	波數(個)	0	1.0	1.2	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0						
2 個	time(sec)	0	0.73	1.30	2.57	3.00	3.40	4.07	7.00	8.00	9.13	10.50	11.8				
	波數(個)	0	1.0	1.2	1.6	1.8	2.2	3.0	3.0	3.7	3.2	3.7	3.1				
3 個	time(sec)	0	0.80	1.70	2.47	4.90	7.40	8.20	9.50	11.20	12.23						
	波數(個)	0	1.0	1.3	2.1	3.1	3.9	3.7	3.3	3.7	3.3						
4 個	time(sec)	0	0.90	1.00	1.53	1.77	2.13	3.00	3.53	4.73	5.13	5.87	7.9	9.53	10.40	12.13	
	波數(個)	0	1.0	1.2	1.3	1.9	2.1	2.7	3.0	3.4	3.3	3.5	4.0	4.0	3.2	3.8	
5 個	time(sec)	0	0.80	1.17	1.37	1.67	1.83	2.17	3.20	3.40	4.57	4.87	5.6	6.23	10.57	11.37	12.13
	波數(個)	0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.1	3.3	3.4	3.9	4.1	4.0	3.9	4.0



圖十七 不同顆數的強力磁鐵 A 旋轉所產生之波數對時間的關係圖

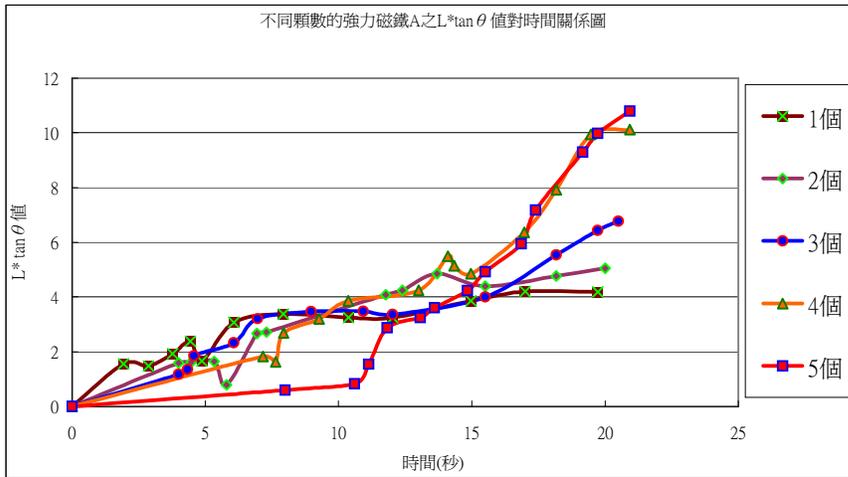
說明：

1. 根據  $V(\text{波速}) = f(\text{頻率}) \cdot \lambda(\text{波長})$ ；若繩子相同(波速一定，頻率和波長成反比關係)，繩長固定時，當波數越多，代表波長越短，則其頻率會越大，代表轉速越快。
2. 當強力磁鐵 A 顆數越少時，其旋轉達到其最高轉速所需的時間有越短的趨勢。
3. 當強力磁鐵 A 顆數越多時，其最高轉速有增加的趨勢。

(二) 比較強力磁鐵 A 旋轉轉速快慢的方法之二：雙星錐擺法

表五：不同顆數的強力磁鐵 A 旋轉時的  $\theta$ 、L 對時間的關係

1 個	time(sec)	0	1.93	2.87	3.77	4.43	4.87	6.07	7.93	10.37	12.03	14.97	17.00	19.73	
	角度 $\theta(^{\circ})$	0	69	56	57	57	59	61	60	59	59	62	64	65	
	水平長度L(cm)	0	0.60	1.00	1.25	1.55	1.00	1.70	1.95	1.95	1.95	2.05	2.05	1.95	
	$L \cdot \tan \theta$	0	1.56	1.48	1.92	2.39	1.66	3.07	3.38	3.25	3.25	3.86	4.20	4.18	
2 個	time(sec)	0	4.00	4.47	5.33	5.80	6.93	7.30	11.77	12.40	13.70	15.50	18.17	20.00	
	角度 $\theta(^{\circ})$	0	71	68	60	55	59	58	58	58	60	58	60	61	
	水平長度L(cm)	0	0.55	0.65	0.95	0.55	1.60	1.70	2.55	2.65	2.80	2.75	2.75	2.80	
	$L \cdot \tan \theta$	0	1.60	1.61	1.65	0.79	2.66	2.72	4.08	4.24	4.85	4.40	4.76	5.05	
3 個	time(sec)	0	4.00	4.33	4.57	6.07	6.97	8.97	10.93	12.03	15.50	18.17	19.73	20.50	
	角度 $\theta(^{\circ})$	0	67	66	56	58	60	57	56	55	58.00	64.00	68.00	69.00	
	水平長度L(cm)	0	0.50	0.60	1.25	1.45	1.85	2.25	2.35	2.35	2.50	2.70	2.60	2.60	
	$L \cdot \tan \theta$	0	1.18	1.35	1.85	2.32	3.20	3.46	3.48	3.36	4.00	5.54	6.44	6.77	
4 個	time(sec)	0	7.17	7.63	7.93	9.27	10.37	13.00	14.10	14.33	14.97	16.97	18.17	19.47	20.93
	角度 $\theta(^{\circ})$	0	65	56	65	62	62	59	63	61	60	64	68	74	74
	水平長度L(cm)	0	0.85	1.10	1.25	1.70	2.05	2.55	2.80	2.85	2.80	3.10	3.20	2.85	2.90
	$L \cdot \tan \theta$	0	1.82	1.63	2.68	3.20	3.86	4.24	5.50	5.14	4.85	6.36	7.92	9.94	10.11
5 個	time(sec)	0	8.00	10.60	11.13	11.83	13.07	13.60	14.83	15.50	16.87	17.40	19.17	19.73	20.93
	角度 $\theta(^{\circ})$	0	50	48	57	64	59	61	62	64	66	68	71	73	73
	水平長度L(cm)	0	0.5	0.75	1	1.4	1.95	2	2.25	2.4	2.65	2.9	3.2	3.05	3.3
	$L \cdot \tan \theta$	0	0.60	0.83	1.54	2.87	3.25	3.61	4.23	4.92	5.95	7.18	9.29	9.98	10.79



圖十八 不同顆數的強力磁鐵 A 旋轉時的  $L \cdot \tan \theta$  值對時間的關係圖  
說明：

1. 根據力平衡  $F_c(\text{向心力}) = m_1 g \cdot \tan \theta$  ----(1)

且查資料得向心力  $F_c = m_1 v^2 / R$  ----(2)

(1)=(2)，所以  $v^2 = g R \tan \theta$ ， $g$  為定值

利用質量中心原理得  $R = m_2 \cdot L / (m_1 + m_2)$

因  $m_1$  和  $m_2$  為定值，所以速率平方值  $v^2$  正比於

$L \cdot \tan \theta$ 。所以本實驗以  $L \cdot \tan \theta$  值代表強力

磁鐵 A 旋轉速率的平方。

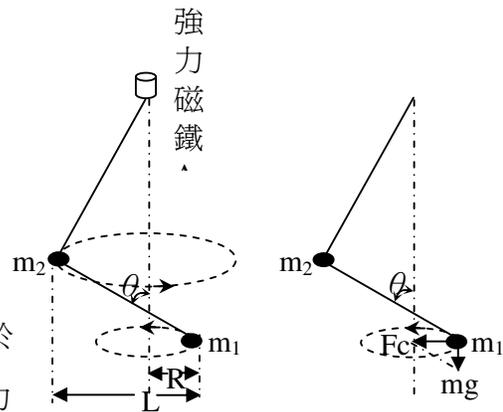


圖 十九

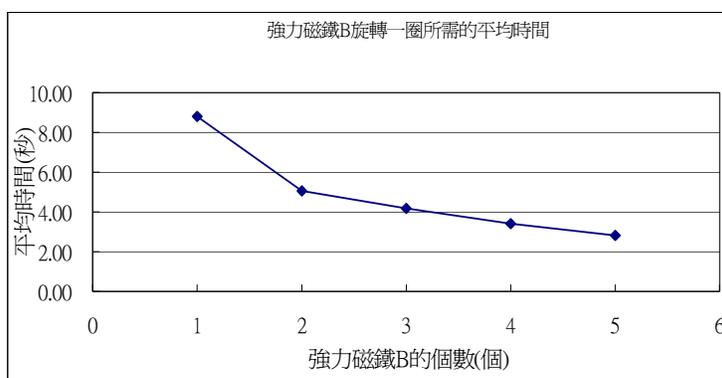
- 當強力磁鐵 A 顆數越多時，其  $L \cdot \tan \theta$  值剛開始的增加率並不大；反而是顆數越少，其  $L \cdot \tan \theta$  值剛開始的增加率會較大。
- 當強力磁鐵 A 顆數越多時，其  $L \cdot \tan \theta$  的最大值有增加的趨勢。

#### 研究四：利用電流磁效應的原理來使強力磁鐵 B 旋轉，並探討磁鐵數對轉速的影響

強力磁鐵B旋轉一圈所需的時間(秒)

表六：不同顆數的強力磁鐵B旋轉一圈所需時間(秒)

B磁鐵個數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1	8.90	10.27	8.03	9.70	8.07	9.57	8.53	8.40	8.57	7.93	8.80
2	4.73	4.70	5.27	5.27	5.07	5.17	5.63	5.23	4.60	4.90	5.06
3	4.43	4.10	4.27	4.50	4.47	4.57	3.97	3.87	3.87	3.73	4.18
4	3.47	3.63	3.30	3.10	3.67	3.37	3.50	3.07	3.47	3.43	3.40
5	3.10	2.53	2.93	2.77	2.73	3.03	2.17	3.10	2.87	2.93	2.82



圖二十 強力磁鐵 B 的顆數與旋轉一圈所需平均時間的關係圖

說明：

- 當強力磁鐵 B 顆數越多時，其旋轉一圈所需時間有減少的趨勢，即表示其旋轉速率有增加的趨勢，且變化的幅度漸趨緩和。

## 柒、研究討論：

- 一、我們在製作立體磁力線觀察器時，首先要決定採用何種液體填充到觀察器裡，既不會使鐵粉生鏽、又要夠透明清澈。原先我們是採用氫氧化鈉鹼性水溶液，雖然不易使鐵粉生鏽，但是容易產生白色物質而導致混濁。而沙拉油雖然透明但並不是無色的。後來我們找到了矽油，既不會使鐵粉生鏽、又呈無色且透明清澈。
- 二、本研究中的強力磁鐵 A 和 B 是以我們容易取得的兩種強力磁鐵規格來進行實驗，且我們製作的立體磁力線觀察器是活動式的，既可以將強力磁鐵 A 置於其內，也可以將強力磁鐵 A 換成強力磁鐵 B。
- 三、本實驗是用夾式電錶來測量線路中的電流，夾式電錶是利用電磁感應的原理來測量線路中的電流，所以誤差會比較大。
- 四、在研究二中，我們原本以為只要電流方向相同，越多條電線聚在一起所產生的磁場會越強，可是實驗結果顯示，電線是串聯時才會產生較強的磁場，電線是並聯時所產生的磁場並沒有改變。
- 五、當電線是並聯時，越多條電線聚在一起所產生的總電流並沒有增加的趨勢，這結果出乎我們意料，因為根據歐姆定律，當電阻並聯越多，則總電阻越小，總電流會越大。我們猜測可能是電線的電阻很小（ $\approx 0$ ），所以才不符合歐姆定律。後來我們將每條電線再加裝一顆燈泡（增加電阻）來重複電線並聯的實驗，其結果是當越多條電線聚在一起所產生的總電流有增加的趨勢，符合了歐姆定律。
- 六、在研究三中，原本強力磁鐵和吸在上面的鐵釘在通電後旋轉時，有移走和搖晃的情形，所以我們將上面的金屬平面弄凹一個小洞，結果因吸力增大反而使鐵釘不易轉動。後來我們將上面有凹洞的金屬片反過來變成凸出尖尖的，結果就使鐵釘能平穩順利地轉動，最後我們將有凸起的金屬片置換成鐵釘，讓實驗進程得更順利，參考下圖二十一。

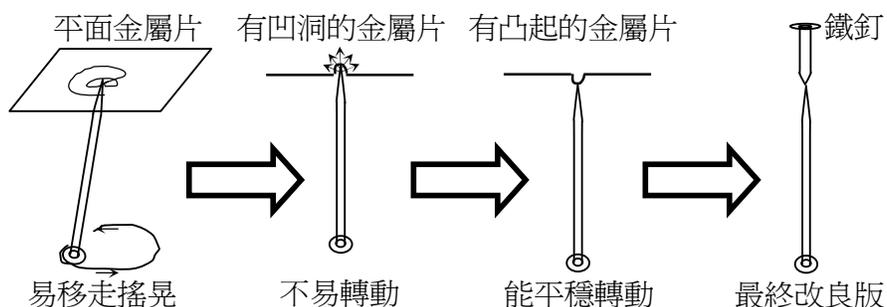


圖 二十一

七、強力磁鐵 A 在研究三中可以快速旋轉的原因，是因為電線和強力磁鐵接觸時，由於電流磁效應的作用而在強力磁鐵附近產生圓形磁場，而強力磁鐵的 N 極會順著磁場方向運動、強力磁鐵的 S 極會順著反磁場方向運動，所以才會使強力磁鐵產生旋轉的現象，參考右圖二十二。

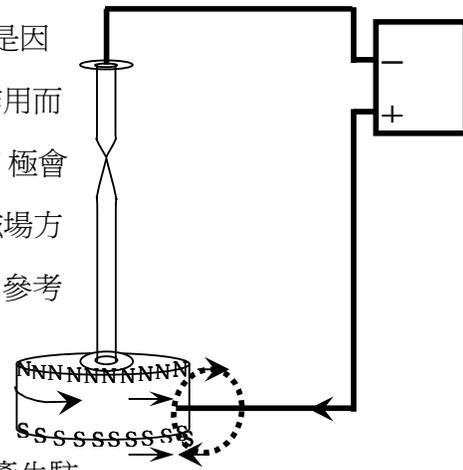


圖 二十二

八、在研究三中，我們原本是想模擬趕蒼蠅的裝置來看強力磁鐵 A 旋轉的情形，可是無意中發現產生駐波的情形，經過查資料後發現可以利用所產生的波數

來比較旋轉速率的快慢(參考第 11 頁實驗結果研究三(一)說明 1)。而所產生的駐波數和棉線材質以及所繫的物重有關，所用的棉線不能太細、也不能太粗或太硬。

九、承上，後來我們加掛小圓環來增加物重做實驗，因為小圓環並未固定在末端，結果竟然無意中發現有雙星錐擺的情形，經過查資料後發現也可以用來比較旋轉速率的快慢(參考第 12 頁實驗結果研究三(二)說明 1 及圖十九)。

十、在研究三中，我們是利用 DV 拍攝然後在電腦中擷取畫面，並在電腦中讀取時間、測量波數、以及量取  $\theta$  和 L 值。

十一、因為從實驗結果研究一(四)可知強力磁鐵 B 的磁極正面中央處並沒有磁力線的分布，不能像強力磁鐵 A 一樣可以將鐵釘固定吸附在磁極正面中央處，所以不能用研究三的方法來比較旋轉速率，於是我們改用浮力裝置來進行研究四。雖然轉速不是很快，但還是可以比較出轉速的快慢。

十二、由研究二得知：不論電線並聯多少條，其電線總電流和造成磁針偏轉的角度皆和電路是單一電線時的結果一樣。所以在研究三、研究四中，我們皆是以電線裡的其中一條細電線絲來接觸形成通路，參考右圖二十三。因為這樣所產生的磁場不僅沒有減弱，而且又能減少電線與強力磁鐵接觸時所產生的摩擦力，讓強力磁鐵能更順利地轉動。

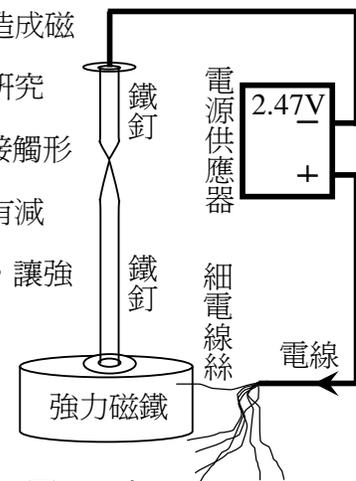


圖 二十三

## 捌、結論：

一、從研究一的結果得知：磁鐵側面的磁力線在兩端的磁極處分布較為密集，而在非磁極的中間部位則磁力線分布就較疏。且在磁極正面的磁力線分布集中於邊緣處，在中央部位則較少有磁力線分布。尤其是磁極正面面積越大者，上述的情形越明顯，請參考第五頁圖七。

二、由研究二結果得知：

(一) 電線為串聯時：

1. 當電線數越多條聚集時，其磁針偏轉角度及電線總電流都有增加的趨勢，但是其單條電線電流幾乎沒有多大的改變。
2. 當電壓越大時，則其磁針偏轉角度、電線總電流和單條電線電流都有隨之增加的趨勢。

(二) 電線為並聯時：

1. 當電線沒有連接燈泡時，電線數越多條聚集時，其磁針偏轉角度及電線總電流幾乎都沒有改變，但是單條電線的平均電流有減少的趨勢，且漸趨緩和。
2. 當每條電線皆連接一個燈泡時，電線數越多條聚集時，其磁針偏轉角度、電線總電流及單條電線平均電流都有增加的趨勢，但單條電線平均電流所增加的幅度很小。

三、從研究三中得知：

(一) 當強力磁鐵數越多時，其旋轉帶動棉線所產生的波數有增加的趨勢，即轉速有增加的趨勢(參考第 11 頁實驗結果研究三(一)說明 1)。且其達到的最高轉速和達到其最高轉速所需的時間都有增加的趨勢。

(二) 當強力磁鐵數越多時，其旋轉帶動棉線所產生雙星錐擺運動時的  $L \cdot \tan \theta$  的最大值有增加的趨勢，即旋轉速率的平方值有增加的趨勢(參考第 12 頁實驗結果研究三(二)說明 1 及圖十九)。由於強力磁鐵數越多，則其慣性越大，所以其  $L \cdot \tan \theta$  值剛開始的增加率並不大；反而是顆數越少，其  $L \cdot \tan \theta$  值剛開始的增加率會較大。

四、從研究四得知：當強力磁鐵數越多時，其旋轉一圈所需的時間有減少的趨勢，即旋轉速率有增加的趨勢。

## 玖、未來發展與展望

由於石油存量越來越少，現在世界正面臨著能源的危機，各國都紛紛開發或尋求替代能源。本研究中，我們只需要用一顆電池的電壓就可以讓強力磁鐵 A 產生快速的旋轉運動。若是能再進一步加以改良，或許可用來取代現在的馬達，不僅構造簡單可以節省成本，甚至可以達到節約能源的目的。

## 拾、參考資料：

- 一、休伊特，觀念物理 V，第五部 電與磁，台北縣三重市，天下遠見出版社，99~122 頁
- 二、林麗霞，十萬個為什麼，第 7 冊 物理 II，台北市，國際少年村圖書出版社，124~125 頁，民 80 年 5 月
- 三、高源清，小牛頓科學百科，第四冊 電流和磁鐵，台北市，牛頓出版股份有限公司，78~85 頁，民 87 年 9 月
- 四、高源清，牛頓科學研習百科，物理，台北市，牛頓出版股份有限公司，24~25 頁、132~149 頁，民 82 年 9 月
- 五、曹培熙，自然科學大百科，第 15 冊 量度與力，台北市，綠地球國際有限公司，37~40 頁、71~73 頁
- 六、曹培熙，自然科學大百科，第 17 冊 電磁與機械，台北市，綠地球國際有限公司，8~45 頁
- 七、國立高雄師範大學物理系---物理教學藝術與教具研究實驗室，  
<http://www.phy.nknu.edu.tw/~adept/e-a-b-history/index-4.htm>，厄斯特與電流磁效應

評 語

081516 音速小子-神奇電動小馬達

1. 實驗設計頗佳。
2. 傳達能力很好。
3. 偵測器製作良好。
4. 參展報告內容可再改進。