

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理

組 別：國中甲組

作品名稱：磁轉乾坤-探究磁鐵沿轉軸上升的運動機制

關鍵詞：磁鐵、轉動、馬達

編 號：

摘要

本研究旨在探究當磁鐵在旋轉轉軸上，出現上升現象時，相關因素所造成的影響。首先，我們查閱了相關文獻資料，在理解上升原理後，設計並架設適合的實驗設備，進行研究。在前期實驗中，我們使用光敏電阻來測量不同類型馬達的轉速，並進一步測量電源供應器中電流與電壓、電壓與轉速等參數之間的轉換關係，以便能精確控制轉速。確認基本參數後，我們開始研究磁鐵在不同變因（如轉軸轉速、磁鐵長度等）下，磁鐵在鐵桿上上升速率的變化。研究結果顯示，當轉軸轉速較快、磁鐵長度較短、質量較小時，磁鐵的上升速率較快。然而，當轉軸轉速過快時，轉軸與磁鐵間的摩擦力會由靜摩擦力轉變為動摩擦力，這時磁鐵會開始滑動並失去旋轉與上升的能力，甚至可能會發生下滑現象。我們還發現，臨界轉速與磁鐵的磁力有關：磁鐵的磁力越大，臨界轉速也越高。

※臨界轉速:當轉軸與磁鐵間的摩擦力由靜摩擦力轉為動摩擦力，此時的轉速稱為臨界轉速

壹、前言

一、研究動機

在一次觀看 YouTube 影片的過程中，我們偶然發現了一個令人驚奇的科學現象。影片中，實驗者將一塊磁鐵吸附在螺絲起子的鐵桿上，並用手甩動鐵桿。令人意想不到的是，磁鐵並未如我們原本預期的那樣因重力作用而滑落，反而沿著鐵桿緩慢向上移動。這種現象顯然違背了我們對日常物理現象的直覺認知，讓我們感到十分驚訝，也引發了強烈的好奇心。

為了深入探討這個現象的成因，我們開始查閱相關資料。然而，網路資訊較少有解釋磁鐵上升的具體機制，因此我們決定親自設計實驗來觀察這一現象，測試並分析可能影響磁鐵運動的關鍵因素，如磁鐵規格、長度、質量以及馬達轉速等。過程中我們也發現並改良了會影響測試結果精度的因子，包括轉速偵測裝置，及如何從電源供應器顯示電壓換算出真實電壓。

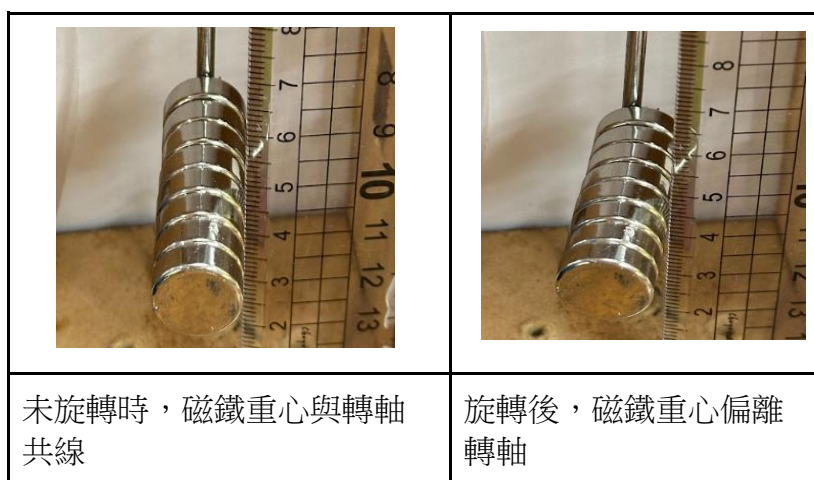
本研究的目標是透過實驗與理論分析，探究此特殊現象背後的物理機制。研究的過程和成果，不僅加深我們對磁學與力學的理解，也希望能將實驗結果有更進一步的應用。

二、研究目的

- (一)：比較光電晶體與光敏電阻的精準度
- (二)：比較電源供應器顯示電壓與三用電表量測電壓的關係
- (三)：比較 775 直流/步進馬達轉速與電壓值的關係
- (四)：探討馬達轉速和磁鐵上升速率的關係

(五)：測量不同數量磁鐵串聯的磁性強度變化

(六)：測量不同種類磁鐵串聯的磁性強度變化



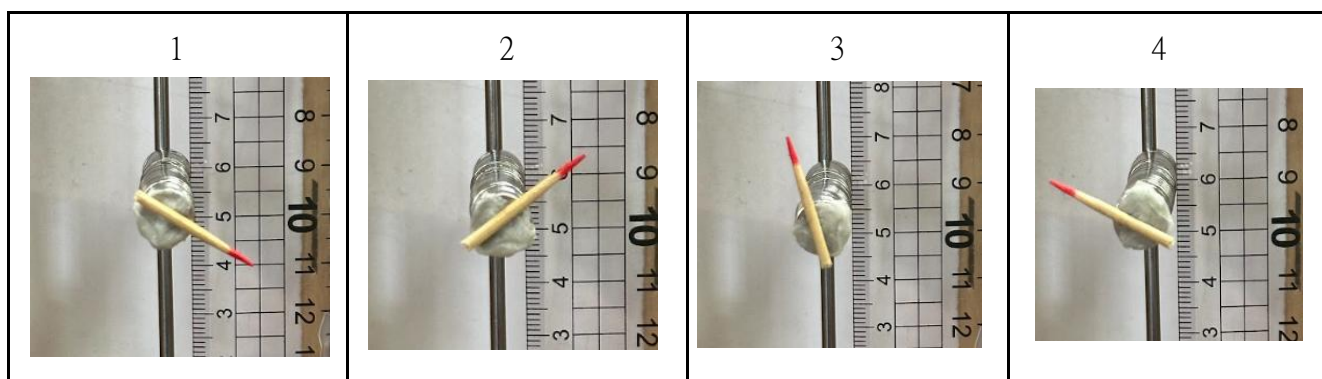
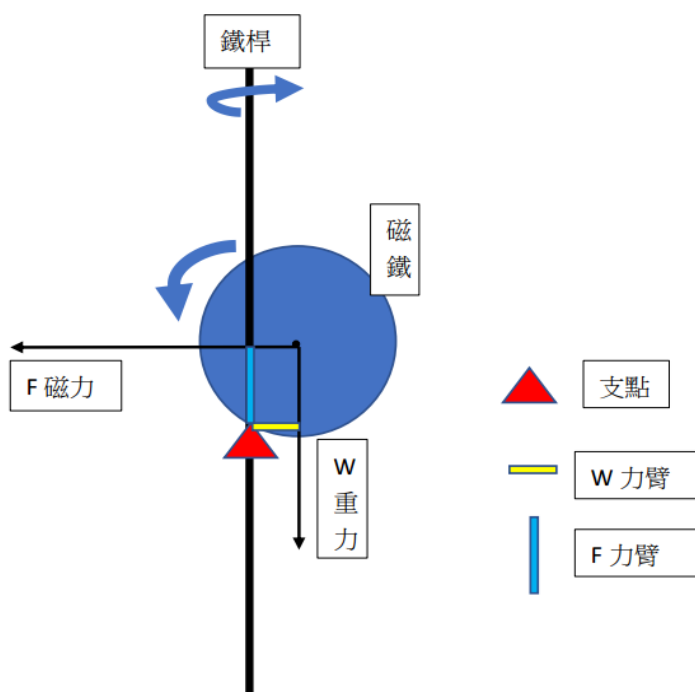
(七)：探討不同種類磁鐵的上升速率差異

(八)：探討不同磁鐵質量、長度和磁鐵上升速率的關係

三、文獻回顧










根據相關文獻可得知：當鐵桿開始旋轉時，會在磁鐵表面產生滾動現象，使鐵桿偏離磁鐵重心位置。此時，磁鐵會在磁力與重力的作用下，因合力矩不為

零，產生轉動現象，從而沿著鐵桿向上爬。



磁鐵旋轉過程：

貳、研究設備及器材

<p>三用電表</p> 	<p>775 馬達+馬達架</p> 	<p>鐵桿</p> 
<p>聯軸器</p> 	<p>鐵夾</p> 	<p>鐵架</p> 
<p>螺帽(M8)</p> 	<p>螺絲(M8)</p> 	<p>角鋼</p> 

<p>木板 30*6*0.3</p> 	<p>光敏電阻</p> 	<p>達靈頓光電晶體 BPW77NB</p> 
<p>紅光 LED 發射器</p> 	<p>電源供應器</p> 	<p>arduino&傳輸線</p> 
<p>步進馬達</p> 	<p>單芯線</p> 	<p>感測器架子</p> 
<p>磁鐵(1.0 * 0.5)</p> 	<p>磁鐵(1.0 * 0.2)</p> 	<p>磁鐵(0.6 * 0.3)</p> 
<p>馬達架</p> 	<p>尺</p> 	<p>螺絲起子</p> 

參、研究過程及方法

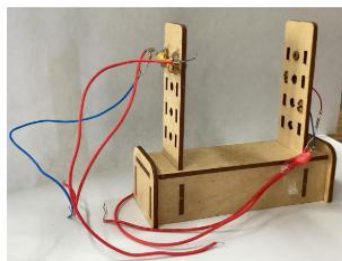
一、實驗一：光敏電阻與光電晶體的差異

(一) 實驗目的：比較光電晶體與光敏電阻的精準度

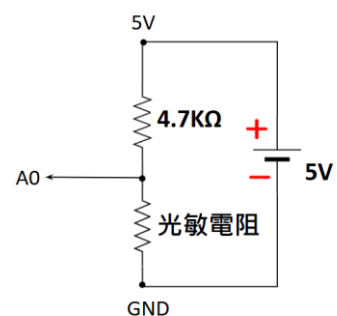
(二) 實驗步驟：

- 1.將光敏電阻的兩個接腳都焊上單芯線
- 2.將其中一個接腳再焊上 $4.7K\Omega$ 的電阻並在電阻的另一個接腳焊上單芯線
- 3.將以上裝置與雷射光筆裝上感測器架子，將感測器和 arduino 板連接(圖一)電路如(圖二)
- 4.將馬達裝上牙籤與雙面膠，並使用感測器測量，利用 arduino 量測 2 次 A0 值變大的時間間隔，並推算出馬達的轉速
- 5.將光敏電阻替換為光電晶體，重複以上步驟，製作另一個感測器並測量
- 6.比較兩者的反應時間與靈敏度

(圖一)



(圖二)



(三) 實驗數據：

總時間(毫秒)	0	100	100	100	401	401	401	401	801
間隔(毫秒)	/	100	0	0	301	0	0	0	400

(表一：使用光敏電阻量測，所接收到的資料)

總時間 (毫秒)	8.0	17.0	27.0	36.0	46.0	56.0	65.0	74.0	84.0
間隔 (毫秒)	/	9.0	10.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.0	10.0

(表二：於同一電壓、轉速下使用光電晶體量測，所接收到的資料)

(四) 實驗結果分析與討論：

- 1.由 (表一)，我們可以得知：間隔時間小於 100 毫秒時，光敏電阻無法測量
- 2.由 (表二)，可得知光電晶體的響應時間可小至 9~10 毫秒
- 3.由結果可以得知：光電晶體的精準度較光敏電阻高
- 4.在後續的實驗中，我們將使用兩種馬達。其中 775 直流馬達的轉速(rpm) 在每分鐘 1500~3000 轉之間，換算成感應週期即小於 36ms。因此光敏電阻並無法滿足我們的需求。根據以上實驗結果，之後的實驗我們都將使用光電晶體作為感測器配件。

二、實驗二：電源供應器顯示電壓與輸出電壓的關係

(一) 實驗目的：比較電源供應器顯示電壓與三用電表量測電壓的關係

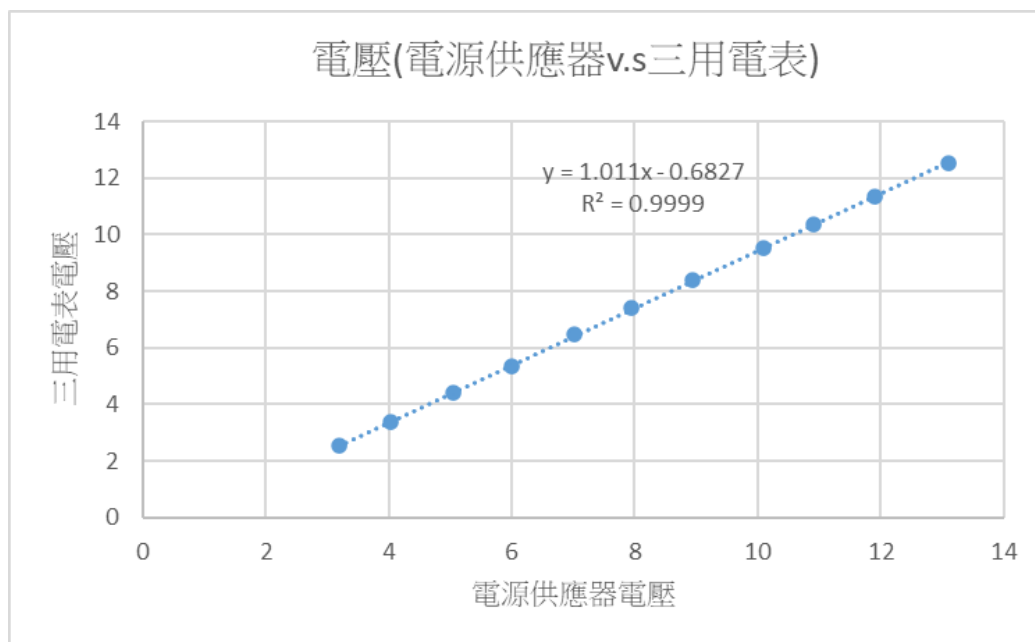
(二) 實驗步驟：

- 1.將馬達與電源供應器串聯
- 2.將三用電表與馬達及電源供應器並聯
- 3.使用三用電表測量電源供應器輸出電壓

(三) 實驗數據：

電源供應器電壓 (V)	3.47	4.02	4.48	4.98	5.53	6	6.5
真實電壓 (V)	2.83	3.38	3.85	4.35	4.91	5.38	5.88

(表三：電源供應器電壓與真實電壓的關係)



(圖三：電源供應器電壓與真實電壓的關係圖)

(四) 實驗結果分析與討論：

- 1.由(圖三)我們可以得知：電源供應器顯示電壓與真實電壓為線性關係
- 2.使用 Excel 的線性回歸公式，我們可以得出電源供應器電壓與真實電壓的關係為：
顯示電壓=1.011*(真實電壓)-0.6827
- 3.後續實驗中，我們將使用上述電壓轉換公式，來獲得真實電壓並記錄

三、實驗三：775 直流/步進馬達轉速與電壓值的關係

(一) 實驗目的：比較 775 直流/步進馬達轉速與電壓值的關係

(二) 實驗步驟：

- 1.將感測器連接 arduino 測量馬達轉速，並利用電腦讀取數據

- 2.將 775 直流馬達轉軸上加裝牙籤，並黏貼一段雙面膠用以遮住紅光雷射測量數據
- 3.將感測器連接 arduino 測量 775 直流馬達轉速，並利用電腦讀取數據(圖四：程式)
- 4.將 775 直流馬達替換成步進馬達，重複以上步驟
- 5.比較步進馬達與 775 直流馬達轉速的差異

(三) 實驗數據：

電壓(v)	週期(ms)	rpm (轉/每分鐘)
4.50	1914.24	31.35
6.00	1325.41	45.27
7.50	1027.59	58.39
9.00	841.41	71.31
10.50	710.35	84.47
12.00	617.18	97.22

(表四：電壓與步進馬達轉速的關係)

電壓(v)	週期(ms)	rpm(轉/每分鐘)
3.50	36.00	1666.67
4.00	32.00	1875.00
4.50	28.00	2142.86
5.00	25.00	2400.00
5.50	22.00	2727.27
6.00	21.00	2857.14
6.50	20.00	3000.00

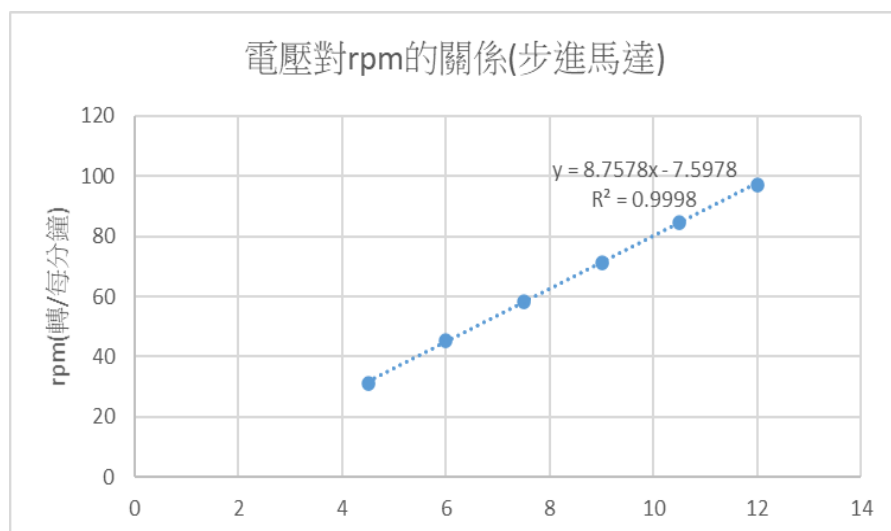
(表五：電壓與 775 直流馬達轉速的關係)

```

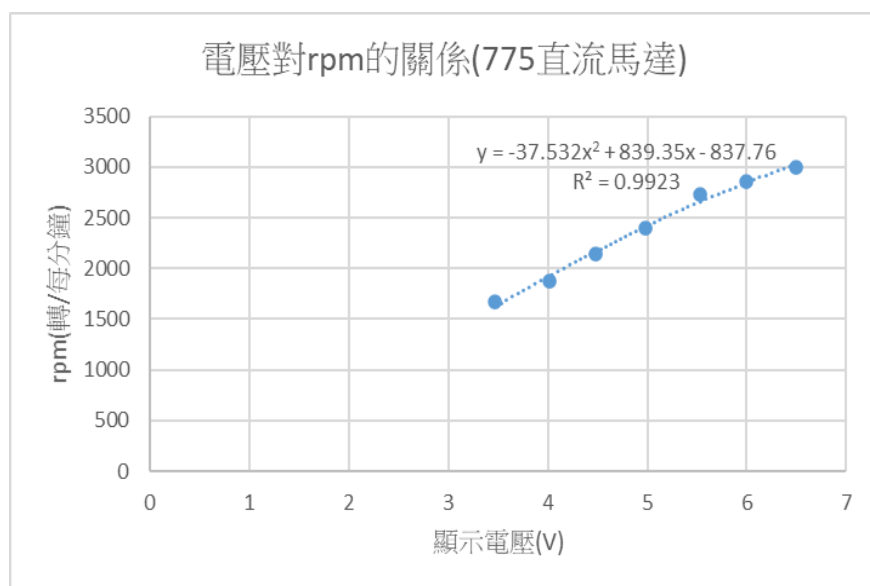
int sensorPin = A0;
int ledPin = 13;
int sensorValue = 0;
unsigned long milisec;
unsigned long valid milli = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.println("LABEL,Time");
}
void loop() {
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  if(sensorValue>200){
    milisec=millis();
    validmilli = milisec;
    Serial.print("DATA");
    Serial.print(",");
    Serial.println(validmilli);
    delay(7);
  }
}

```

(圖四：感測器程式)



(圖五：顯示電壓對步進馬達轉速的關係)



(圖六：顯示電壓對 775 直流馬達轉速的關係)

(四) 實驗結果分析與討論：

- 1.由(圖五)(圖六)可得知，當電壓值越高時，馬達的轉速越快
- 2.由(圖五)(圖六)可得知，電壓值與馬達轉速近乎成線性關係然而我們發現一個現象：775 馬達在高轉速時，電壓和轉速的線性度會改變。經過討論後我們推測，可能原因為：775 直流馬達在電壓越高時轉速越快，但在高轉速時，馬達內部會有電磁感應產生反方向的感應電流，導致在高轉速時轉速不會線性增加。
- 3.根據實驗結果，我們得知：775 直流馬達轉速 (rpm) = $-37.532 (\text{電壓})^2 + 839.35 (\text{電壓}) - 837.76$
- 4.根據實驗結果，我們得知：步進馬達轉速 (rpm) = $8.7578 (\text{電壓}) - 7.5978$

- 5.由於 775 直流馬達轉速過快，磁鐵無法上升，及在高轉速時轉速不會線性增加等因素，因此我們將使用步進馬達進行接下來的實驗
- 6.由於我們已經在實驗二、實驗三取得了實際電壓及馬達轉速的換算方程式，因此，接下來的實驗，我們將利用控制電源供應器顯示電壓以與馬達轉速的換算方程式，精準控制轉速

四、實驗四：馬達轉速和磁鐵上升速率的關係

(一) 實驗目的：探討馬達轉速和磁鐵上升速率的關係

(二) 實驗步驟：

- 1.將步進馬達裝設在組裝好的架子上，並且和電源供應器連接
- 2.將十字起子經由十字螺絲，鎖入步進馬達轉軸中心的凹槽，並將尺裝在實驗架上
- 3.將(直徑 * 厚度) = (1.0 * 0.2)、(1.0 * 0.5)、(0.6 * 0.3) 的磁鐵分別吸附在十字起子上，並使用電源供應器將顯示電壓依序調至 4.5、6.0、7.5、9.0、10.5、12.0V
- 4.觀察每種磁鐵上升的行為，並使用碼表計時每種磁鐵在不同轉速時上升 5 公分所需時間
- 5.比較在不同轉速時每種磁鐵上升 5 公分所需時間的差異

(三) 實驗數據：

顯示電壓(V)	4.50	6.00	7.48	9.01	10.50	12.00
第一次(s)	29.11	19.19	15.56	12.51	10.36	7.94
第二次(s)	28.2	19.82	15.14	12.36	9.28	7.56
第三次(s)	27.8	19.31	14.18	12.06	8.97	7.55

第四次 (s)	29.08	19.85	16.95	11.67	9.98	7.44
第五次 (s)	27.73	20.16	17.16	11.94	9.21	7.44
平均 (s)	28.38	19.67	15.8	12.11	9.56	7.59

(表六:電壓與磁鐵 (1.0 * 0.2) 上升 5 公分所需時間)

顯示電壓 (V)	4.50	6.00	7.48	9.01	10.50	12.00
第一次 (s)	35.21	30.42	23.92	17.2	12.01	7.96
第二次 (s)	46.79	32.95	22.25	18.37	9.7	8.19
第三次 (s)	39.13	29.68	22.73	17.73	11.8	8.32
第四次 (s)	43.97	28.28	22.98	17.95	10.36	7.44
第五次 (s)	44.18	28.38	22.42	16.92	10.13	7.42
平均 (s)	41.86	29.94	22.86	17.63	10.8	7.87

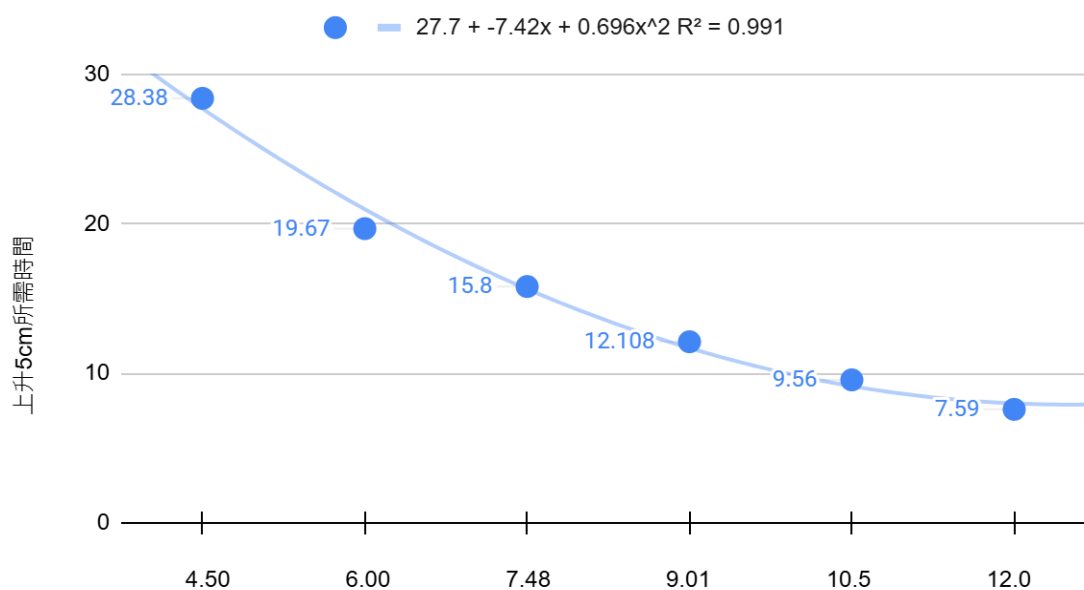
(表七:電壓與磁鐵 (1.0 * 0.5) 上升 5 公分所需時間)

顯示電壓 (V)	4.50	6.00	7.48	9.01	10.50	12.00
第一次 (s)	24.72	17.32	15.85	11.48	9.8	8.92
第二次 (s)	27.93	19.65	16.79	11.2	9.63	8.83

第三次 (s)	27.19	20.34	16.04	11.34	9.69	10.04
第四次 (s)	24.86	19.9	15.33	11.27	10.96	10.25
第五次 (s)	26.11	19.85	15.28	10.9	10.55	10.39
平均 (s)	26.16	19.41	15.86	11.24	10.13	9.69

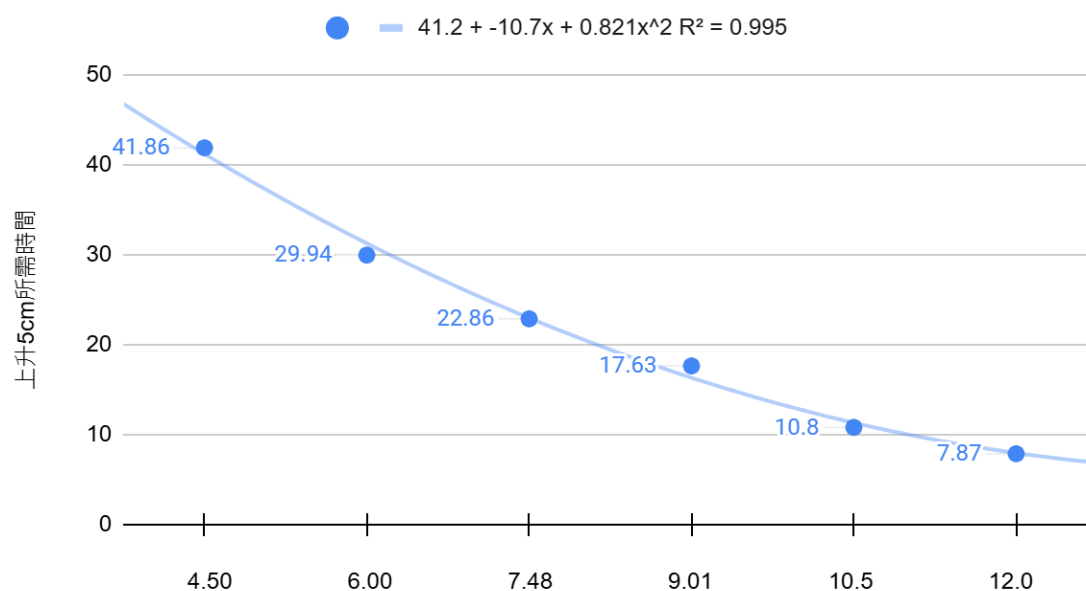
(表八:電壓與磁鐵 (0.6 * 0.3) 上升 5 公分所需時間)

電壓v.s上升5cm所需時間(1.0*0.2)



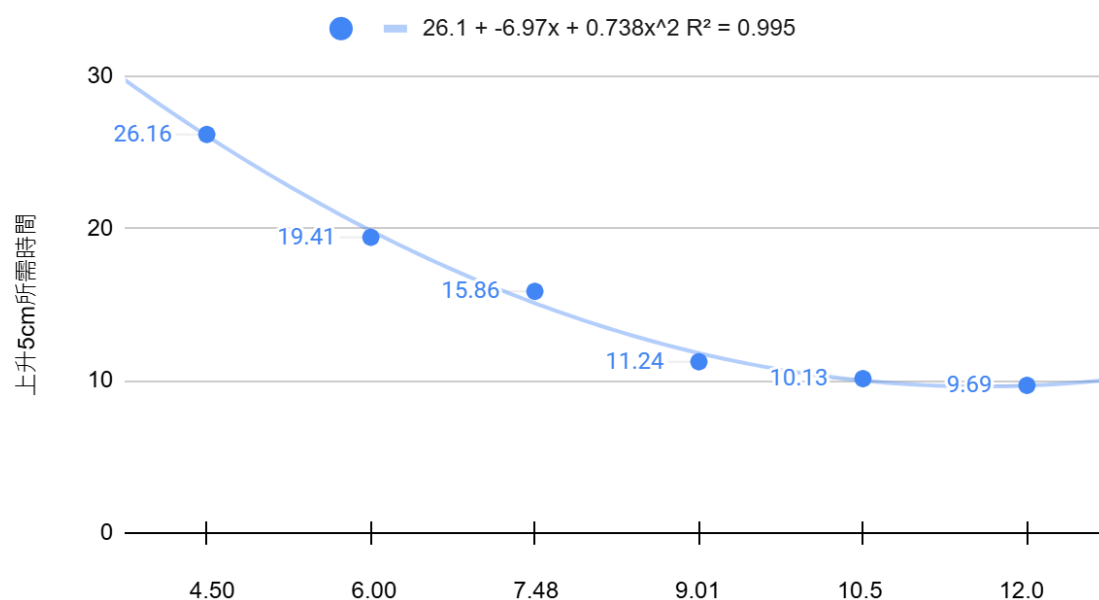
(圖七：電壓與磁鐵 (1.0 * 0.2) 上升 5 公分所需時間的關係)

電壓v.s上升5cm所需時間(1.0*0.5)



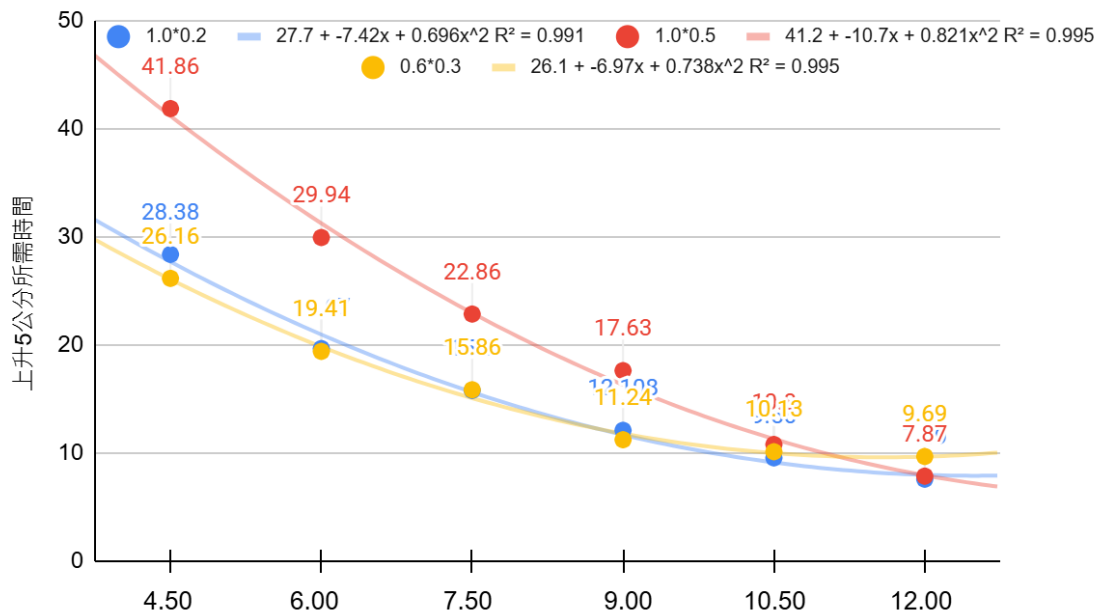
(圖八：電壓與磁鐵 (1.0 * 0.5) 上升 5 公分所需時間的關係)

電壓v.s上升5cm所需時間(0.6*0.3)



(圖九：電壓與磁鐵 (0.6 * 0.3) 上升 5 公分所需時間的關係)

電壓v.s上升5公分所需時間



(圖十: 在不同電壓下不同磁鐵上升 5 公分所需時間的比較)

(四) 實驗結果分析與討論：

- 1.由(圖七)(圖八)(圖九)可以得知，不論磁鐵尺寸如何，當馬達的轉速越快時，磁鐵上升 5 公分所需時間越短
- 2.由(圖七)(圖八)(圖九)可以得知，當磁鐵尺寸為(1.0 * 0.5)、(0.6 * 0.3)、(1.0 * 0.2)時，馬達轉速與磁鐵上升 5 公分所需時間成類似二次函數的曲線關係
- 3.根據以上兩點，我們可以觀察到，馬達轉速越快，磁鐵上升速率也會越快，不過當轉速逐漸增加時，我們觀察到上升速率加快的趨勢逐漸趨緩，我們推測當馬達轉速過快時，轉軸與磁鐵的的摩擦力會由靜摩擦力轉為動摩擦力，此時，磁鐵就開始滑動平移，不易轉動及上升。在此，我們定義臨界轉速：當轉軸與磁鐵的的摩擦力由靜摩擦力轉為動摩擦力，此時的轉速稱為臨界轉速
- 4.根據(圖十)我們可以得知，在高轉速下磁鐵上升速率的斜率大小依序為：

$(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)$ ，我們推測造成此差異的原因為正向力(磁力)大小不同，因此我們推測磁鐵磁力大小應為： $(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)$ ，後續我們會進行實驗來驗證我們的假設。

五、實驗五：測量不同磁鐵組合的磁性強度

(一) 實驗目的：測量不同數量磁鐵串聯的磁性強度變化

(二) 實驗步驟：

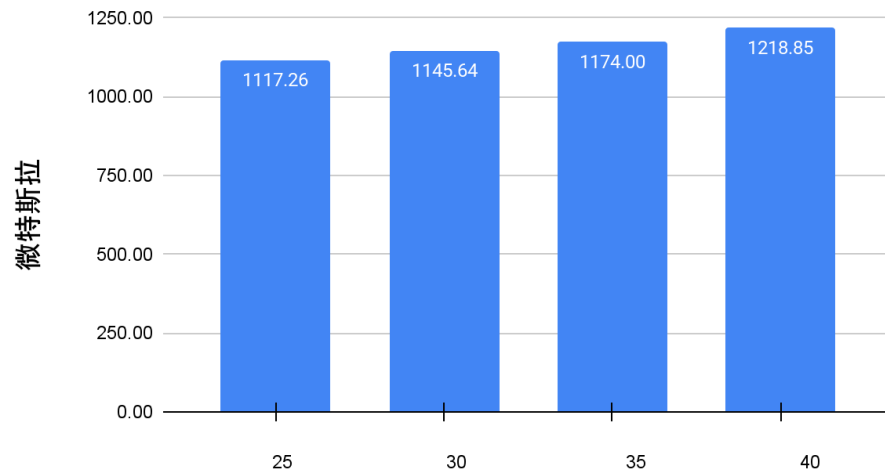
- 1.將 $(1.0 * 0.2)$ 磁鐵依需要顆數吸在一起排成柱狀，將磁鐵置於平板前 5 公分處
- 2.使用平板程式 (phyphox) 的磁力測量計，並將磁鐵與平板保持固定距離，依序測量磁鐵的磁力大小。
- 3.紀錄測量數據，並比較不同數量磁鐵串聯時的磁力強度關係

(三) 實驗數據:

顆數	25	30	35	40
平均微特斯拉(μT)	1117.26	1145.64	1174.00	1218.85

(表九:不同磁鐵顆數磁鐵的磁力大小)

磁鐵不同顆數的磁力大小



(圖十一:不同磁鐵顆數下磁鐵的磁力大小)

(四) 實驗結果分析與討論：

1. 由(圖十一)我們可得知，當磁鐵尺寸固定，串聯磁鐵數量越多時，磁力越強
2. 由實驗可知，當磁鐵質量增加 60%時，磁力大小大約增加 9%

六、實驗六：測量不同磁鐵組合的磁性強度

(一) 實驗目的：測量不同種類磁鐵串聯的磁性強度變化

(二) 實驗步驟：

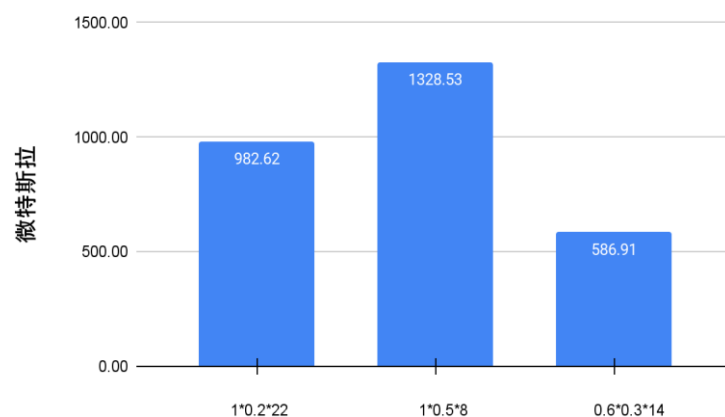
1. 將 8 顆 (1.0 * 0.5) 的磁鐵、14 顆 (0.6 * 0.3) 的磁鐵、22 顆 (1.0 * 0.2) 的磁鐵依需要顆數吸附在一起排成柱狀，將磁鐵放置於平板前 5 公分處
2. 使用平板程式 (phyphox) 的磁力測量計，並將磁鐵與平板保持固定距離，依序測量磁鐵的磁力大小
3. 紀錄測量數據，並比較不同種類的磁鐵在相同長度串聯時的磁力強度關係

(三) 實驗數據：

種類*顆數	(1.0*0.5)*8	(0.6*0.3)*14	(1.0*0.2)*22
平均微特斯拉 (μT)	982.62	1328.53	586.91

(表十：不同種類磁鐵在相同長度時的磁力強度)

磁鐵不同種類的磁力大小



(圖十二：
不同種類磁鐵在相同
長度時的磁力強度)

(四)實驗結果分析與討論：

1.根據實驗我們可以得知，磁鐵在相同長度串聯時的磁力強度關係為：

$$(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)$$

2. 本實驗中磁力量測的結果，與我們之前在實驗四所推測的結果相符。在該實驗中，我們推測由高轉速下磁鐵上升速率的差異，推測磁鐵磁力的大小，應該為

$$(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)$$

七、實驗七：探討不同種類磁鐵和磁鐵上升速率的差異

(一) 實驗目的：探討不同種類磁鐵的上升速率差異

(二) 實驗步驟：

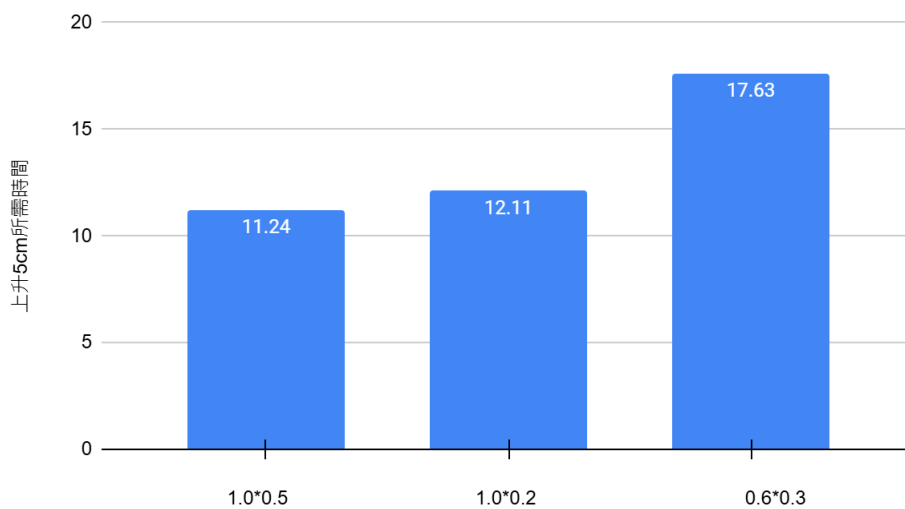
- 1.將步進馬達裝設在組裝好的架子上，並且和電源供應器連接
- 2.將十字起子裝設在步進馬達上,並將尺裝設實驗架上
- 3.把長度固定為 4 公分的不同尺寸的磁鐵依序吸附在十字起子上，並將電壓調至 9.0 伏特使步進馬達帶動十字起子旋轉
- 4.觀察磁鐵上升的行為，並使用碼表計時磁鐵上升 5 公分所需時間
- 5.紀錄每種磁鐵上升 5 公分所需時間，並比較其差異

(三)實驗數據:

尺寸	1.0*0.5	1.0*0.2	0.6*0.3
第一次 (s)	17.20	12.51	11.48
第二次 (s)	18.37	12.36	11.20
第三次 (s)	17.73	12.06	11.34
第四次 (s)	17.95	11.67	11.27
第五次 (s)	16.92	11.94	10.90
平均 (s)	17.63	12.11	11.24

(表十一：不同磁鐵在相同長度及轉速時上升 5 公分所需時間)

固定磁鐵總長度、馬達轉速



(圖十三：不同磁鐵在相同長度及轉速時上升 5 公分所需時間)

(四) 實驗結果分析與討論：

- 1.根據 (圖十三)，我們可得知在 rpm 為 71.3(電壓 9V)時，不同尺寸磁鐵上升 5 公分所需時間不同
- 2.在轉速固定為 71.3rpm 時，磁鐵上升速率為：
 $(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)$

八、實驗八：探討不同磁鐵質量、長度對磁鐵上升速率的影響

(一) 實驗目的：探討磁鐵質量、長度和磁鐵上升速率的關係

(二) 實驗步驟：

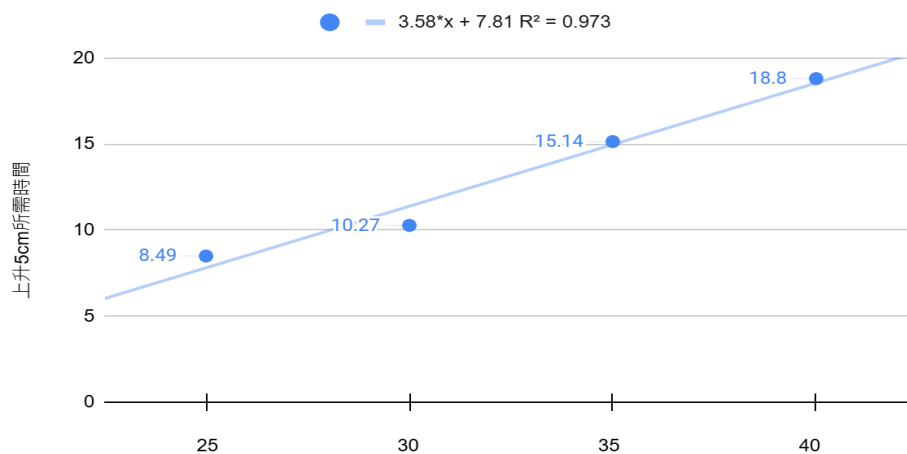
- 1.將步進馬達裝設在組裝好的架子上，並且和電源供應器連接
- 2.將十字起子裝設在步進馬達上，並將尺裝設在實驗架上
- 3.將(1.0 * 0.2)的磁鐵依照 25、30、35、40 的顆數依序吸附在十字起子上，並將電源供應器調至 9.0 伏特，使步進馬達帶動十字起子旋轉
- 4.觀察磁鐵上升的行為，並使用碼表計時磁鐵上升 5 公分所需時間
- 5.紀錄在不同長度下磁鐵上升 5 公分所需時間，並比較其差異

(三) 實驗數據：

磁鐵總長 (顆數)	25	30	35	40
第一次 (s)	8.46	10.47	14.57	18.01
第二次 (s)	8.09	9.8	15.70	19.49
第三次 (s)	8.66	10.47	15.10	19.15
第四次 (s)	8.62	10.63	15.20	18.52
第五次 (s)	8.64	9.98	15.14	18.83
平均 (s)	8.49	10.27	15.14	18.8

(表十二：不同長度磁鐵上升 5 公分所需時間)

不同磁鐵顆數



(圖十四：不同長度磁鐵上升 5 公分所需時間關係圖)

(四) 實驗結果分析與討論：

1. 根據 (圖十四) 我們可得知，當轉速固定時，磁鐵顆數越多，上升所需時間越長
2. 我們推測造成此現象的原因為：當磁鐵顆數增加時，磁力與質量皆會增加，但因質量增加的幅度大於磁力增加的幅度，因此最後可以觀察到磁鐵顆數越多，上升所需時間越長的結果

肆、結論

一、光敏電阻的反應時間約為 100 毫秒，不足以測量馬達的轉速，因此我們在以下實驗皆使用光電晶體替代光敏電阻，讓轉速感測器的測量間隔降低到 9 毫秒以下。

二、電源供應器電壓與真實電壓的關係為：顯示電壓 = $1.011 \cdot (\text{真實電壓}) - 0.6827$ 。後續實驗中，我們將使用上述電壓轉換公式，來獲得真實電壓並記錄。

三、比較 775 直流馬達與步進馬達的轉速差異，發現 775 直流馬達因轉速過快，而導致磁鐵無法上升，因此，我們決定使用步進馬達來帶動轉軸進行後續實驗。

四、馬達轉速與磁鐵上升 5 公分所需時間的關係為：電壓越大，也就是馬達帶動鐵棒轉速越快的時候，磁鐵上升的越快，且在轉速加快到一定的值時，磁鐵上升速度增加趨勢會有所趨緩，且轉速和上升時間的斜率大小為：

$$(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)。$$

五、經過測量可得知，當磁鐵質量增加 60%時，磁力大小大約增加 9%。

六、在同樣長度下磁鐵的磁力大小依序為： $(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)$ ，結合以上實驗結果，可得：當磁鐵磁力越強，磁鐵在高轉速下上升速率斜率越大。

七、在轉速固定為 71.3rpm 時，磁鐵上升速率為：

$$(1.0 * 0.5) > (1.0 * 0.2) > (0.6 * 0.3)。$$

八、當磁鐵顆數增加時，磁力與質量皆會增加，但因質量增加的幅度大於磁力增加的幅度，因此最後可以觀察到磁鐵顆數越多，上升所需時間越長。

伍、未來展望

未來展望方面，本研究提供了關於磁鐵上升現象的初步了解，接下來，我們將進一步探索並擴展此研究，從以下幾個方向進行改進與發展：

首先，未來我們的研究將針對不同規格的馬達與磁鐵進行更詳細的測試。除了目前使用的直徑與厚度規格，我們將嘗試不同尺寸、材質的磁鐵，再更進一步探討各種變因與磁鐵上升速率之間的關係。這將有助於我們理解不同磁鐵特性如何影響上升行為，並有助於設計更高效的磁力驅動系統。

其次，我們將優化實驗設備，提升測量精度。例如：改善轉速感測器的靈敏度，並引入更高精度的電壓測量系統。透過這些改進，我們能夠更精確地掌握電壓、轉速與上升速率之間的關聯，並探索更多可能的變因，如轉軸的材質與摩擦特性，對磁鐵上升現象的影響。

此外，我們還計劃將此研究應用於實際場景，探索其在機器人技術、磁性驅動系統等領域的應用。透過研究磁鐵上升速率與轉速的關聯，我們有可能發展出更加穩定與高效的磁性驅動裝置，並進一步推動磁性技術的發展與創新。

總體來說，這項研究不僅能深化對磁力與轉速關係的理解，還能夠為未來磁性技術的發展提供寶貴的理論基礎與實驗數據。

陸、參考文獻資料

資料一：Arduino170513・對射式光電感應模塊 FC33 測馬達轉速計數器

<https://ee543.blogspot.com/2017/05/170513fc33.html>

資料二：步進馬達 - 軟體與 A4988

<https://youtu.be/2SMFfHa2Tqw>

資料三：羅東高中 教學講義

https://drive.google.com/drive/folders/1Pk_1B_1BMzshIxVXiRb4zHweGcKmmLPL

資料四：Магнитный шарик и его необычное движение

<https://www.youtube.com/watch?v=KTSpaCdK14U>

資料五：Новые опыты с магнитным шариком

<https://www.youtube.com/watch?v=7Ou4a7dI16s&t=19s>

資料六：Новые опыты с магнитным шариком

<https://www.youtube.com/watch?v=7Ou4a7dI16s>

【作品内圖表照片說明】本作品的照片與圖表均由作者自行拍攝、繪製。