

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第二名

082907

神奇超距力攪拌器-探討各項影響電磁攪拌器穩定運轉的變因

學校名稱：彰化縣彰化市南郭國民小學

作者： 小四 吳宗祐 小四 黃宥涵 小四 曾亮鈞	指導老師： 趙莉仙
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：電磁攪拌器、攪拌子、消磁

摘要

電磁攪拌器於生活中的運用越來越多，如奶泡機、攪拌杯。網路有分享利用各種回收資源製作的視頻，模仿製作卻發現不能運轉，使我們決定要解開電磁攪拌器穩定運轉的秘密。本研究先模仿網路視頻製作 2 部攪拌器，找出影響穩定運轉的變因有：馬達性能、旋轉磁鐵的大小與排列、轉盤與攪拌子的距離、攪拌子大小及形狀等。自己設計攪拌器驗證實驗結果。研究發現：增加轉盤的重量提高負載，可以降低馬達的加速度及轉速，搭配厚度 5 毫米、直徑 2 或 3 公分的磁鐵 NS 並排相吸，形成長度 4 到 6 公分長的磁鐵轉盤，再調整旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離，可使 2.5 公分長的各式商用攪拌子非常穩定的旋轉。利用回收電腦硬碟製作電磁攪拌器，既環保又能化腐朽為神奇。

壹、研究動機

三年級上自然課「生活中有趣的力」^[1]，老師說電磁攪拌器的原理是利用磁鐵的磁力。放學回家，我指著爸爸的**奶泡機**說：這是利用磁鐵的磁力作用做出來的。媽媽聽了很高興，稱讚我很棒。老師也說了馬蓋先(MacGyver)的故事，說他可以利用科學知識，將身邊的雜物改造成各種有用的工具去化解面臨的危機。於是，我跟著網路學，將回收小風扇改成**電磁攪拌器**，拿去給爸爸看，雖然結果不是很成功，**都是亂跳不轉**，但是爸爸還是很高興的誇我，我很高興。再後來，參加學校科學研習，老師說利用**控制變因**和**操縱變因**，可以有系統的找出真相，於是老師幫我找同學一起設計實驗，希望可以找出讓電磁攪拌器穩定運轉的變因，成功破解網路電磁攪拌器的真相。也希望我們可以化腐朽為神奇，像百戰天龍一樣厲害。

貳、研究目的

本研究先是利用模仿網路視頻製作的 2 部攪拌器，找出影響穩定運轉的變因。再另外設計一台電磁攪拌器，了解各項變因如何影響電磁攪拌器攪拌子的穩定運轉。最後利用實驗所得結果，提出電磁攪拌器的製作參考指引，並根據研究結果修改製作一部可以讓商用攪拌子穩定運轉的電磁攪拌器～神奇超距力攪拌器。

一、利用模仿網路視頻製作電磁攪拌器，找出影響攪拌子穩定運轉的各項變因：

- (一) 利用回收小風扇及回收電腦電源風扇製作 2 部電磁攪拌器。

(二) 利用調整或替換 2 部攪拌器的零件找出各項影響的變因。

二、觀察磁鐵種類、磁力與磁場對攪拌子穩定運轉可能產生的影響：

(一) 本研究所使用的各種磁鐵的磁力線觀察。

(二) 本研究所使用的磁鐵轉盤上磁鐵排序與攪拌子吸附的情形觀察。

(三) 本研究所使用的各種磁鐵的磁吸力觀察。

三、利用自製電磁攪拌器來研究各項變因對攪拌子穩定運轉的影響：

(一) 研究旋轉盤上磁鐵的排序對攪拌子穩定運轉的影響。

(二) 研究旋轉盤上磁鐵的大小對攪拌子穩定運轉的影響。

(三) 研究旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離對攪拌子穩定運轉的影響。

(四) 研究攪拌子長短對攪拌子穩定運轉的影響。

(五) 研究攪拌子形狀對攪拌子穩定運轉的影響。

四、依據實驗結果，設計可使電磁攪拌器穩定運轉的「製作參考指引」。

五、利用「製作參考指引」，修正各種自製電磁攪拌器能穩定運轉商用攪拌子。

參、 研究器材與設備

材料類：

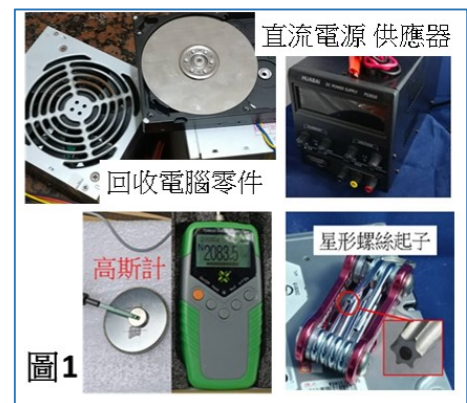
廢棄電腦電源散熱風扇、廢棄電腦硬碟、回收圓型鐵片(洋芋片罐)、廢棄小涼風扇、回收瓦楞紙、廢棄 12 V 電源、自然課後廢棄 3 V 小型馬達、電池盒、AA 電池、馬達轉速控制器、壓克力板、電源開關、小方木塊、瞬間膠、電子板、銅柱及螺絲、小型保鮮盒、燒杯、壓克力黏著劑、飛機模型板、薄密集板、強力磁鐵、螺絲墊片、鐵粉、商用攪拌子、強力磁鐵掛勾、鋼珠。

工具類：

電烙鐵、錫、鋸子、熱熔槍、熱風槍、電鑽、(星形、一字、十字)螺絲起子、虎頭鉗、直流電源供應器、高斯計、電磁加熱攪拌器、壓克力藥罐、塑料盤、電子秤。

文具類：

短鐵尺、三角板、鉛筆、簽字筆、剪刀、膠帶、指南針。



肆、 研究方法與結果

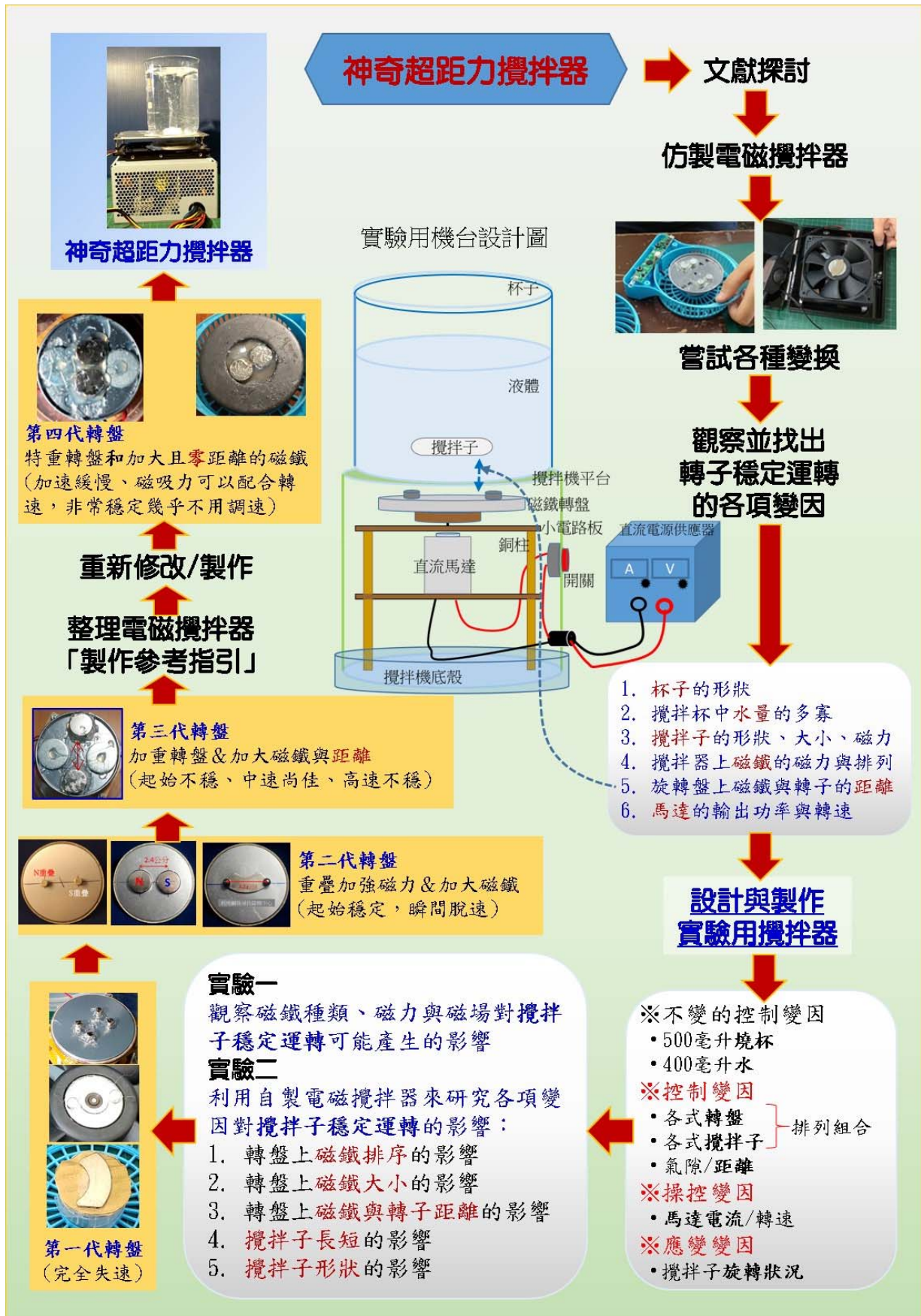


圖 2 研究流程圖與攪拌器設計圖

一、 文獻探討

電磁攪拌器是利用馬達帶動磁鐵轉盤轉動，透過磁鐵的超距磁力帶動杯中磁鐵攪拌棒旋轉，達到攪拌的效果。搜尋文獻想瞭解影響穩定運轉的研究，卻一無所得，包括台灣網路科教館：科展群傑廳、臺灣博碩士論文知識加值系統都無探討「電磁攪拌器」或是「electromagnetic stirrer」的研究報告。唯一一篇相關的小論文：林弘恩、許森富 (2018)^[5]。非接觸式磁性攪拌器，亦無探討如何讓電磁攪拌器穩定運轉的相關資訊。

維基百科 (2018 年 3 月 12 日)^[6] 在「電磁攪拌器」的文章中，主要介紹了電磁攪拌器的優點，例如傳動機件沒有接觸液體，不會汙染液體，也不易損壞；攪拌子可以在密閉的容器中運轉；安靜、高效、易清洗等優點。缺點是，只能用於 4 公升以內的溶液，體積太大或黏稠液體效果不好。有分為可加熱型和無加熱裝置型。還介紹了這是 1944 年美國人發明的。最後也介紹了「磁攪拌子」就是放入溶液中由化學頓性物鐵氟龍包覆的磁鐵，在容器中旋轉攪拌。文中也沒有介紹如何使機器穩定運轉的事項。

二、 相關原理介紹

(一) 磁鐵的特性^{[1][2][3]}：

1. 磁力是一種超距力，不用接觸就有作用力。
2. 一塊磁鐵的磁極兩端磁力最強，中間最小。
3. 兩磁鐵靠近時，同性磁極會互相排斥，異性磁極會互相吸引。
4. 磁鐵串接會變成一塊較大的磁鐵，磁力變大，兩端依然有 N、S 兩磁極。
5. 釹鐵硼磁鐵是現今單位體積磁力最大的永久磁鐵。
6. 指北針的 N、S 兩磁極：磁鐵的北極(N 極)指向北方，指向南方為 S 極。

(二) 直流馬達^[7]

1. 是利用直流電為驅動電力的馬達，只要控制電壓或電流大小就可控制馬達轉速。
2. 沒負載或負載很輕時馬達轉速快。加重負載馬達轉速變慢且需要較大電流來輸出較大功率作功。
3. 馬達的轉速多以每分鐘轉速表示：轉/分鐘。英文為 Revolutions Per Minute (RPM)。

三、實驗器材設計、製作、實驗與研究結果

(一) 模仿網路視頻製作回收小風扇及回收電腦風扇攪拌器

為探究電磁攪拌器的基本原理及運作方式，找出影響電磁攪拌器穩定運轉的各項變因。我們從 YouTube 篩選出兩個能力可及的分享影片，模仿製作出兩台自製電磁攪拌器，仿製完成後，測試運轉卻發現兩部機器均無法順利穩定運轉。為探討影響穩定運轉的變因，我們嘗試將兩部機器的可動部位交換組合，找出影響電磁攪拌器穩定運轉的各項變因。

1. 回收小風扇攪拌器製作

(1) 參考影片：[Darren Tan \(2016\)](#)^[8]。自製電磁攪拌機。YouTube。<https://reurl.cc/E7gRaK>。

(2) 材料：回收電腦硬碟內強力磁鐵、回收手持小電風扇、3.7 V 18650 鋰電池、商用橄欖形攪拌子、圓形瓦楞紙片、熱熔膠槍。

(3) 做法：

- A. 拆開廢棄硬碟，取下強力磁鐵，如圖 3。
- B. 拆開風扇的扇蓋。
- C. 在風扇的中心使用熱熔膠黏上瓦楞紙盤。
- D. 將強力磁鐵黏在紙盤上。
- E. 蓋上扇蓋，完成，如圖 3-3。



(4) 注意事項：

- A. 硬碟上的螺絲為星形(梅花)螺絲，用錯螺絲起子會拆不開，如圖 3-1。
- B. 強力磁鐵被黏膠固定於基座，可用 50~60°C 溫水或熱風軟化，再使用一字起子小心分離，如圖 3-2。不能模仿 [Fanny Magnet \(2016\)](#)^[9] 使用蠟燭火烤，因為高溫會使磁鐵消磁^[11]，[DIY 先生 \(2017\)](#)^[10] 在「高溫消磁」的視頻有示範。



圖 3-1 用錯起子螺絲破壞



圖 3-2 磁鐵拆基座。



圖 3-3 完成。

2. 回收電腦風扇攪拌器製作

(5) 參考影片：[Weird beer \(2011\)](#)^[13]。Fo's \$15 Stir Plate Build - How To Make A Solderless Stir

Plate。YouTube。 <https://reurl.cc/pd9ZnQ>

(6) 材料：電腦電源內風扇電壓 12 伏特、商用直棒形攪拌子、直流 12 伏特電源供應器、熱熔膠槍、馬達轉速控制套件、帶電線快速接頭、壓克力盒、小短圓柱形釹鐵硼強力磁鐵 X 2、虎頭鉗、美工刀、鉛筆、電鑽及鑽頭、熱熔膠槍。

(7) 做法：

- A. 拆開廢棄電腦供電器，拆下風扇。
- B. 在風扇的中心描繪攪拌子的大小，如圖 3-4。
- C. 在橢圓兩端以熱熔膠黏上小短圓柱形釹鐵硼強力磁鐵，如圖 3-5。
- D. 比對風扇支架與電源開關盒，標點鑽洞。
- E. 連接電源與馬達轉速控制器，使用小木塊墊高當支架，完成，如圖 3-7。



圖 3-4 描繪位置



圖 3-5 黏釹磁鐵



圖 3-6 對照圖



圖 3-7 完成

註：圖 2-1~圖 2-3 為 [Weird beer \(2011\)](#) ^[13] 視頻截圖。

3. 探討變因的作法，嘗試將兩部機器的可動部位交換組合包括：

- (1). 旋轉磁鐵 1：將轉盤上的磁鐵交換。
- (2). 旋轉磁鐵 2：將轉盤上短小圓柱形釹鐵硼強力磁鐵加倍：並排或重疊。
- (3). 轉盤：將紙片轉盤換成鐵片轉盤。(註：瓦楞紙易爛、易脫落)
- (4). 容器：杯子換成燒杯。
- (5). 攪拌子：商用攪拌子改用釹鐵硼強力磁鐵。
- (6). 上下磁鐵距離：改變轉盤與頂部的距離。(註：回收電腦風扇墊高)
- (7). 馬達轉速：將回收小風扇的扇葉剪掉。(註：轉速更快了，更不穩定。)



圖 3-8 截圖自 Darren Tan (2016) ^[8]。



圖 3-9 截圖自 Weird beer (2011) ^[13]



圖 3-10 自製。



圖 3-11 自製。

4. 【結果】

表 1 兩部可以順利運轉的機器如圖 3-10 和圖 3-11，調整前後變化對照表。

	改變前	改變後
回收小風扇攪拌機 (改變前後商用攪拌子均無法穩定運轉)	紙盤 回收硬碟內磁鐵 風扇有扇葉 橄欖形攪拌子 杯子	鐵盤 四顆釹鐵硼磁鐵高度變高 剪去風扇扇葉 (攪拌子)釹鐵硼磁鐵 6 顆 2.4 公分 500 毫升燒杯
回收電腦風扇攪拌機 (改變前後商用攪拌子均無法穩定運轉)	四顆釹鐵硼磁鐵 棒形攪拌子 杯子 風扇高度與盒蓋有距離	回收硬碟內磁鐵 (攪拌子)釹鐵硼磁鐵 6 顆 2.4 公分 500 毫升燒杯 風扇高度幾乎靠近頂部

5. 推論：影響攪拌子穩定旋轉的可能因素有：

- (1). 杯底的厚度與形狀。
- (2). 攪拌杯中水量的多寡(溶液的作用力)。
- (3). 攪拌子的形狀、大小、磁力。
- (4). 攪拌器上磁鐵的磁力與排列。
- (5). 旋轉盤上的磁鐵與攪拌子的距離。
- (6). 馬達的輸出功率與轉速。

(二) 實驗一：觀察磁鐵種類、磁力與磁場對攪拌子穩定運轉可能產生的影響

<內容>

1. 製作透明壓克力磁力測試盒製。
2. 製作各種磁鐵排序的轉盤。
3. 製作不同長度的磁鐵攪拌棒。
4. 不同形狀的攪拌子介紹。
5. **【實驗一之 1】** 本研究所使用的各種磁鐵的磁力線觀察。
6. **【實驗一之 2】** 磁鐵轉盤上磁鐵排序與攪拌子吸附的情形觀察。
7. **【實驗一之 3】** 本研究所使用的各種磁鐵的磁吸力觀察。

1. 製作透明壓克力磁力測試盒：

- (1). 材料：長寬厚 140 x 100 x 2 毫米的透明壓克力板 2 塊、長寬厚 140 x 5 x 5 毫米的壓克力條 2 條、壓克力黏劑。
- (2). 做法：黏 2 條壓克力條在壓克力板上形成高度 7 毫米的 U 形板。



圖 4-1 壓克力材料



圖 4-2 完成圖

2. 製作各種磁鐵排序的轉盤：

- (1). 材料：釹鐵硼磁鐵 (直徑 x 高)：

6 x 4 毫米、20 x 5 毫米、20 x 2 毫米及硬碟中強力磁鐵，4 種規格。

(2). 做法：

A. **決定磁鐵間的距離**：在模仿「回收電腦風扇攪拌器製作」的影片中，原作者以 25 毫米長的攪拌子描繪磁鐵的距離，經過一系列的變換測試，發現**磁鐵中心有更強的磁吸力**，可以更穩定的吸引 25 毫米長的攪拌子，因此配合 24 毫米長的磁鐵攪拌棒，以磁鐵中心距離 24 毫米作為基準。再加上所採購商用攪拌子長度雖為 25 毫米，但扣除外殼，內部磁鐵長度亦接近 24 毫米，剛好可以配合。同極相斥，因此並列的同極磁鐵，則以最靠近為距離。



B. **確認圓柱形鈹鐵硼磁鐵 N 極和 S 極**：磁針北極(N 極)指向北方，因此與磁針 N 極相吸者為 S 極，如圖 4-3。再以同極相斥，異極相吸的原理複驗。

C. **磁鐵以熱熔膠固定。**

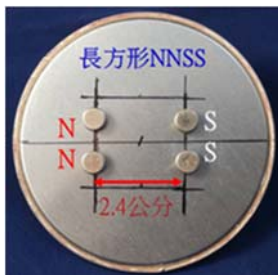


圖 4-4 長方形 NNSS

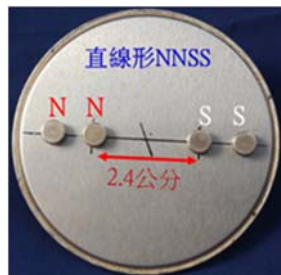


圖 4-5 直線形 NNSS

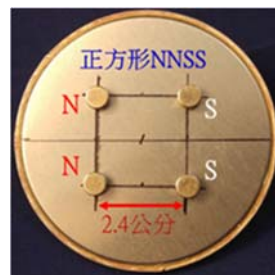


圖 4-6 正方形 NNSS

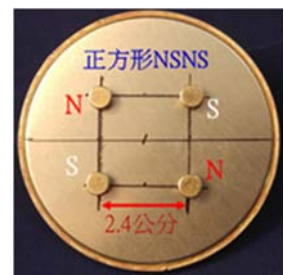


圖 4-7 正方形 NSNS

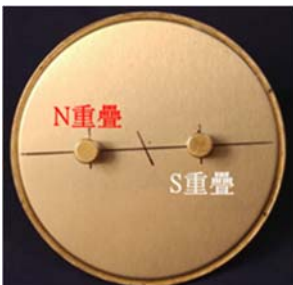


圖 4-8 直線重疊 NNSS

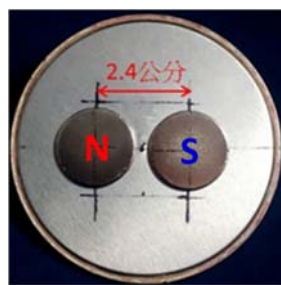


圖 4-9 20 x 2 毫米

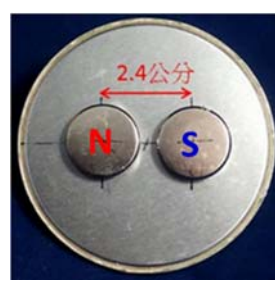


圖 4-10 20 x 5 毫米

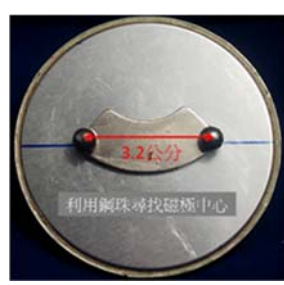


圖 4-11 硬碟中磁鐵

3. 製作不同長度的磁鐵攪拌棒

(1). 說明：利用鈹鐵硼磁鐵，吸附組合成不同長度的磁鐵攪拌棒。

(2). 材料：直徑 6 毫米、高 4 毫米的鈹鐵硼磁鐵 x 12 個。

(3). 做法：分別以 2 個、4 個、6 個、8 個、10 個、12 個磁鐵組成。如圖 9-19。



圖 4-12 不同長度的磁鐵攪拌棒。

4. 不同形狀的攪拌子：購買3種商業磁力攪拌子進行實驗，如圖4-13。

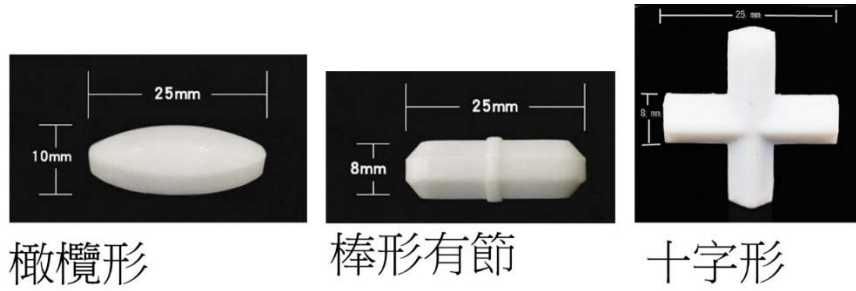


圖4-13 三種商業用磁力攪拌子。

5. 【實驗一之1】本研究各種磁鐵磁力線觀察

- (1) 材料：壓克力板、壓克力盒、各式磁鐵、鐵粉、墊片、熱熔膠條、壓克力藥罐。
- (2) 本研究使用的各式磁鐵，如圖5。
- (3) 做法：
 - A. 在壓克力板上描繪出如圖5-1的圖形。
 - B. 將待測磁鐵固定於圖形上，四個角落放上墊片。
 - C. 將壓克力盒置放在墊片上，如圖5-2。
 - D. 以手指捏起鐵粉從高15公分處慢慢灑下消磁過的鐵粉，如圖5-3，直到磁力線呈現，再以熱熔膠條輕輕敲擊，使磁力線形成，如圖5-4。
 - E. 拍照後將鐵粉置於壓克力藥罐震搖10秒消磁，如圖5-5。

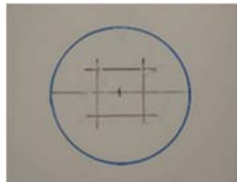


圖5-1 畫圖

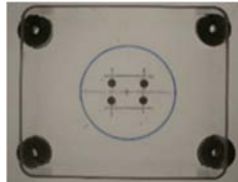


圖5-2 固定磁鐵



圖5-3 灑鐵粉



圖5-4 輕敲



圖5-5 消磁罐

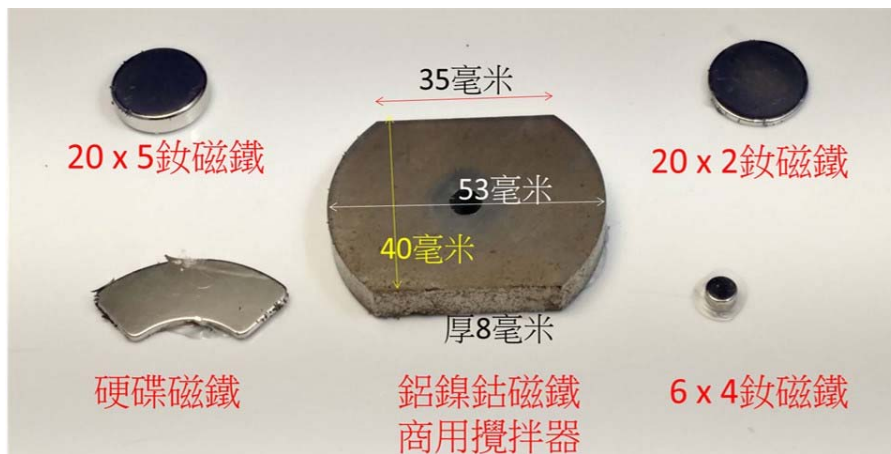


圖5 各式磁鐵

(4) 【結果】：

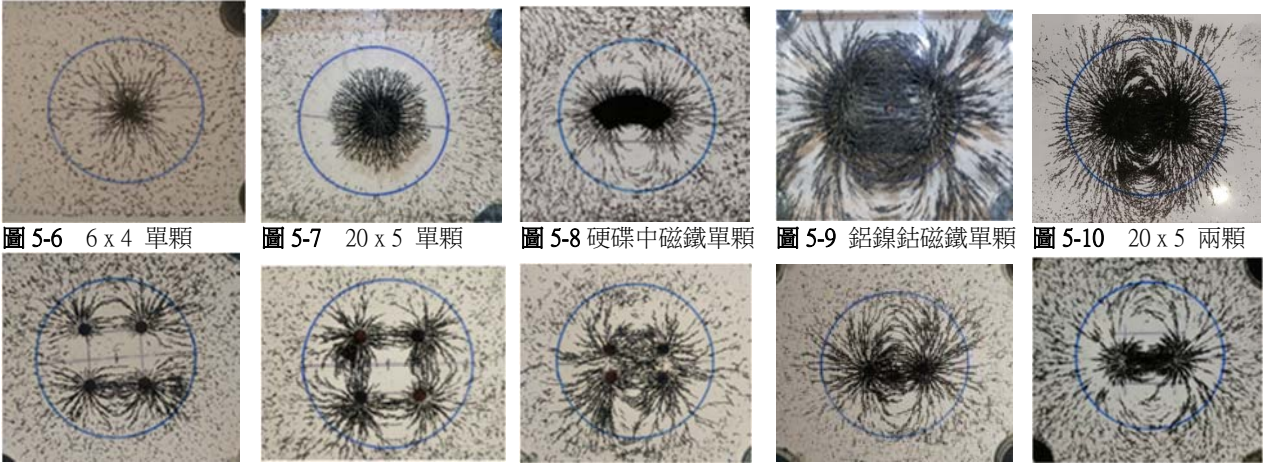


圖 5-11 正方形 NNSS 圖 5-12 正方形 NSNS 圖 5-13 長方形 NNSS 圖 5-14 直線重疊 NNSS 圖 5-15 24 mm 攪拌子
註：鋁鎳鈷磁鐵：是向鄰近國中借用實驗室使用商用攪拌器，拆下其中的磁鐵，因其標示可溫度 300 °C，經磁鐵達人鑑定為可耐高溫的鋁鎳鈷磁鐵，長 53 毫米、寬 40 毫米、高 8 毫米。

(5) 【問題與推論】：

問題 1：同是單顆磁鐵，為何圖 5-6、圖 5-7 和圖 5-8、圖 5-9 磁力線大不同？

推論 1：圖 5-6、圖 5-7 均為圓柱形釹鐵硼，大小不同但南北兩極分別在上下兩面，經指南針確認無誤。圖 5-8、圖 5-9 一為扇形，一為橢圓形，形狀不同但南北兩極在同一面的兩端，經指南針確認無誤。那為什麼同樣是磁鐵會有此不同呢？經磁鐵達人解答：這是製造時根據用途做不同方向「充磁」所致。

推論 2：在製作風扇攪拌器時，使用一塊回收硬碟磁鐵做為旋轉磁鐵，是因為本身同一面就有南北兩極；而使用 2 顆小釹磁鐵是因為要在兩端形成南北極。

結論：電磁攪拌器的旋轉磁鐵，轉盤同一平面須有南北兩極，不管是一塊磁鐵的兩端或是使用兩塊正反兩磁極均可。「充磁方向」與大小或形狀無關。

問：鐵粉為何要消磁？如何消磁？

答：新鐵粉剛開始試做磁力線時，雖不滿意但能接受，因為無法像網路上分享的照片或影片一樣漂亮。正式操作實驗時，發現怎麼鐵粉都是成團，很難成線，後來與老師討論後，推測應該是鐵粉被磁化的關係。怎麼辦呢？搜尋資料發現可以使用(1)高溫加熱。(2)特殊磁場處理。(3)敲擊。可是將鐵粉加熱和特殊磁場處理有困難，「敲擊」要怎麼做呢？於是我們使用「去磁化」關鍵字上 YouTube，發現林宣安(2018)^[14]在「磁化的原理」影片中有分享鐵粉消磁法：將被磁化的鐵粉放入塑膠罐中，劇烈震搖 10 秒。下方左右圖使用等量鐵粉，同樣由 15 公分於中心慢慢灑落後所拍攝，左圖為未消磁鐵粉：集中於中央的落點無法分散，右圖為消磁過的鐵粉：中央落點相對比較少且分散。



6. 【實驗一之2】本研究各種磁鐵轉盤上磁鐵排序與攪拌子吸附的情形觀察

(1) 材料：壓克力板、壓克力盒、燒杯、各式磁鐵、墊片、熱熔膠條、24 毫米磁攪拌棒（攪拌子）、十字形攪拌子、棒形有節攪拌子。

(2) 做法：

- 在壓克力板上描繪出如圖 5-1 的圖形。
- 將磁鐵依照圖 5-1 至圖 5-2 分別依序固定於圖形上，四個角落放上墊片。
- 將壓克力盒置放在墊片上，如圖 5-2。
- 將各種攪拌子依序放於燒杯中，將燒杯搖晃讓攪拌子移動後，將燒杯移放於壓克力盒上，如圖 6-1，分別重複 5 次。
- 觀察並記錄攪拌子與圖形上的磁鐵吸附位置，記錄如圖 6-3 & 4。



圖6-1 放燒杯與攪拌子

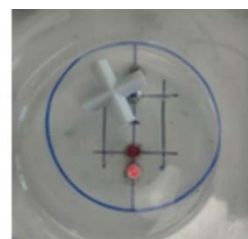


圖6-2 觀察

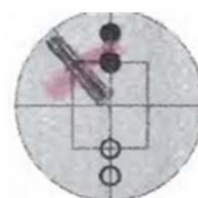
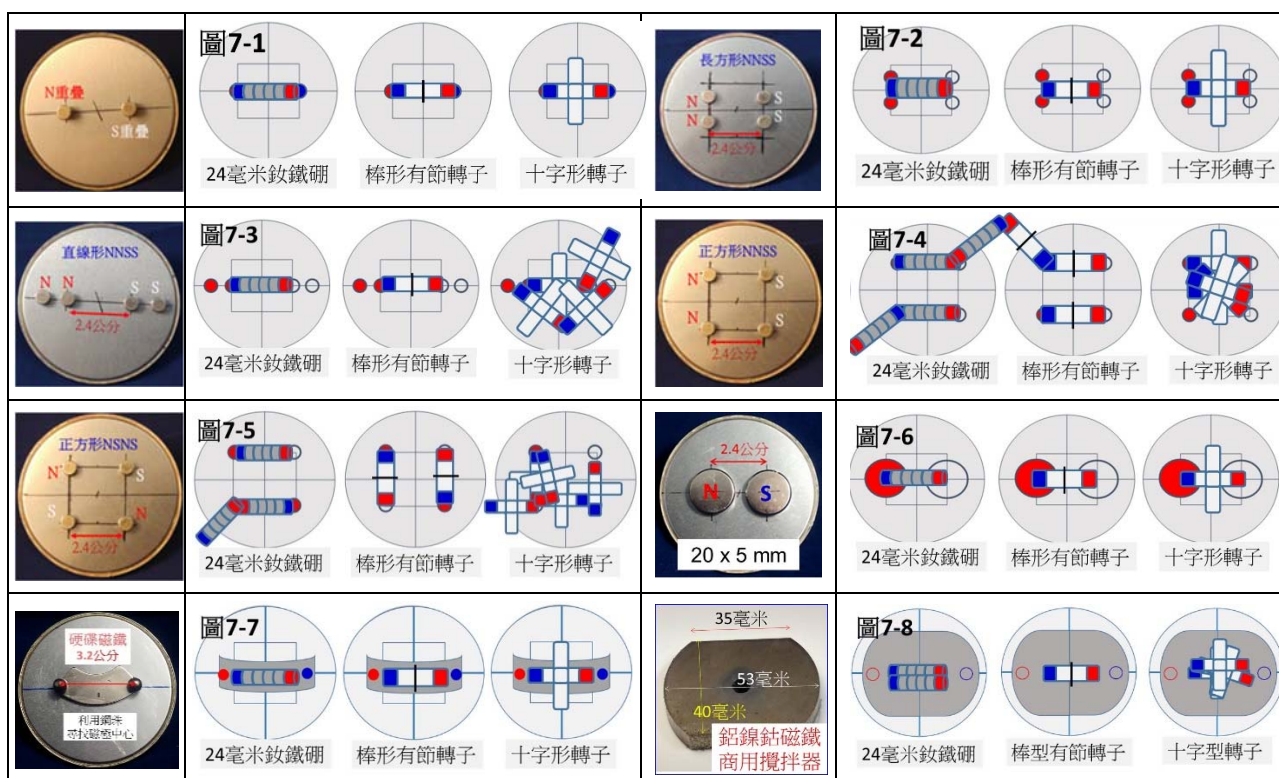


圖6-3 記錄方式



圖6-4 記錄單

(3) 【結果】：旋轉磁鐵與 3 種攪拌子的組合，各 5 次記錄整合在一張圖上，如下。



(4) 【問題與推論】：

問題：有規則性嗎？有比較特異的部分嗎？

觀察：直線形、長方形 NNSS、20 x 5 毫米、回收硬碟磁鐵、鋁鎳鈷磁鐵有較多或全部 5 次實驗落點都相同。兩種正方形均混亂。十字形攪拌子似乎特別混亂。

推論 1：轉盤上只有一對磁極或在同一直線上較穩定。長方形 NNSS 雖不在同一直線上，但是從磁場的角度看是類似兩極。

推論 2：十字形攪拌子經仔細檢查、確認只有一字有磁鐵，另一方向並無磁鐵，為何特別混亂？推測是因為底部十字摩擦力大造成移動不易。

7. 【實驗一之 3】本研究各種磁鐵磁吸力觀察

- (1) 材料：電子秤、磁力測試盒、各式單顆磁鐵、各式攪拌子、鐵粉、瓷盤、消磁罐。
- (2) 做法：
 - A. 將 500 公克鐵粉倒於塑料盤中。
 - B. 將待測磁鐵以手指固定於 2 毫米壓克力板上，如圖 8-1。
 - C. 將壓克力板壓在鐵粉上，下壓直到磁鐵周圍不再吸附鐵粉，如圖 8-2。
 - D. 慢慢將壓克力板上提，使多餘鐵粉自然掉落，如圖 8-3。
 - E. 將吸附的鐵粉釋放於秤盤上秤重，記錄鐵粉重量，如圖 8-4 和 8-5。
 - F. 將鐵粉消磁。
 - G. 改換 9 毫米厚測試盒再操作一次，記錄鐵粉重量。



圖 8-1 固定磁鐵



圖 8-2 壓入鐵粉



圖 8-3 提起



圖 8-4 移入秤盤



圖 8-5 記錄

- (3) 【結果】：

表 2 各式單顆磁鐵與各式攪拌子在不同氣隙磁吸鐵粉的重量(公克)與變化(室溫 32°C)

磁鐵 氣隙	6 x 4 毫米	20 x 2 毫米	20 x 5 毫米	硬碟 磁鐵	鋁鎳鈷	棒形 有節	橄欖 形	十字 型	24 毫米
2 毫米	2.91	11.48	34.09	22.07	104.8	0	1.54	0	11.12
9 毫米	0	0.37	15.10	3.61	22.17	0	0	0	0
剩餘%	0	3.2%	44.3%	16.4%	21.2%	0	0	0	0

註：氣隙：磁鐵與鐵粉之間的距離。把(9 毫米距離吸鐵量)除以(2 毫米距離吸鐵量)等於(剩餘%)。

- (4) 【問題與推論】：

問題：有規則性嗎？有比較特異的部分嗎？

觀察 1：商業攪拌子磁吸鐵粉的磁力都很弱，除橄欖形外幾乎無法吸鐵粉。

觀察 2：6 x4 毫米釹鐵硼磁鐵感覺磁力會很強，但氣隙 9 毫米時竟無法吸鐵粉。

觀察 3：氣隙從 2 毫米換成 9 毫米，剩餘%為 0%~44.3%，無法理解。

觀察 4：國中自然第五冊：磁力與距離的平方成反比，可是上表的結果並不符合。

推論：無法做出推論，只能知道商業攪拌子的磁力相對很弱。

(三) 實驗二：利用自製電磁攪拌器來研究各項變因對攪拌子穩定運轉的影響

<內容>

1. 實驗用攪拌器的製作。
2. 實驗用機台無負載通電試驗。
3. 【實驗二之 1】研究旋轉盤上**磁鐵的排序**對攪拌子穩定運轉的影響。
4. 【實驗二之 2】研究旋轉盤上**磁鐵的大小**對攪拌子穩定運轉的影響。
5. 【實驗二之 3】研究旋轉盤上磁鐵與攪拌子的**距離**對攪拌子穩定運轉的影響。
6. 【實驗二之 4】研究**攪拌子長短**對攪拌子穩定運轉的影響。
7. 【實驗二之 5】研究**攪拌子形狀**對攪拌子穩定運轉的影響。

註：實驗二之 1 和二之 2 整合，二之 4 和二之 5 整合實驗結果一起對照比較。

1. 實驗用攪拌器的製作：

(1) 組裝馬達與支架

A. 材料：小電路板 7 公分 x 5 公分 x 2、小型馬達 x 1、導線兩色 x 1、電源腳座 x 1、鐵尺、銅柱 3 公分 x 4、銅柱 4.5 公分 x 4、螺帽 x 4。

B. 工具：電焊槍、錫、鑽孔機、美工刀與尖嘴鉗。

C. 做法：

- a. 將馬達固定在小電路板上，如圖 9-1。並銲接電源線及電源接頭，如圖 9-2。方便更換不同電源。
- b. 在馬達的上固定板的中心鑽 7.5 毫米小洞，固定轉軸及座。
- c. 以 3 公分及 4.5 公分的銅柱做為上中下板層的固定支架，完成，如圖 9-3。



圖 9-1 固定馬達。

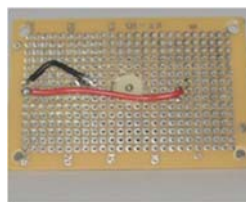


圖 9-2 銲接電線。



圖 9-3 鎖銅柱

與大師有約：電子材料行老闆

問題 1. 我們想用這個馬達做一台攪拌機，需要一個能使馬達轉軸向上的固定支架及電源，可以給我們建議嗎？

回答：老闆用尺量了馬達，很快就從櫃子裡拿出「銅柱」和「電路板」，仔細的說明，馬達高 2.5 公分，使用 3 公分的銅柱剛好可以撐住，但是需要鑽上下兩個洞，電源方面可以……



(2) 製作磁鐵轉盤：找出圓鐵片的圓心

- A. 材料：罐裝洋芋片底部的鐵片。
- B. 工具：紙張、三角板、筆、油性簽字筆。
- C. 做法：如圖 9-4。
 - a. 取一張紙，將鐵片置於紙上描出圓形。
 - b. 取直角三角板於圓上任意劃出兩直角三角形。
 - c. 將兩斜邊的邊長延伸出圓外。
 - d. 將鐵片放回紙上，利用直線 1 和直線 2 畫出直徑及圓心，如圖 9-5。

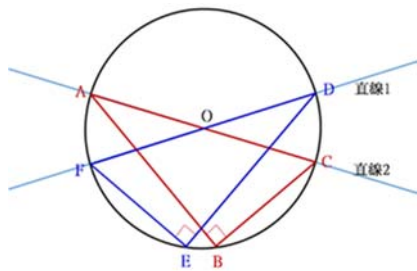


圖 9-4 找出圓鐵片的圓心。

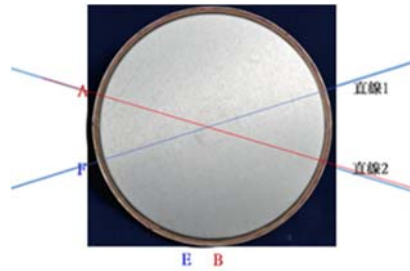


圖 9-5 畫出鐵片的圓心及直徑。

(3) 組裝轉盤與基座

- A. 材料：圓鐵片、方形木塊 1.5 公分 × 1.5 公分、瞬間膠。
- B. 工具：電鑽、針、鐵釘、鐵鎚。
- C. 做法：
 - a. 用尺畫出小木塊的中心點，鑽出 1.5 毫米小孔，作為馬達轉軸黏合孔。
 - b. 鐵片不鑽孔，鐵片中心使用小鐵釘打一凹洞方便用針定位。
 - c. 用瞬間膠將小木塊固定在鐵片的中心。

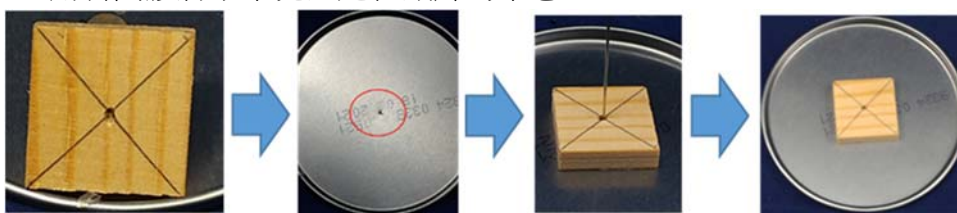


圖 9-6 轉盤與基座組合過程

(4) 將機殼與動力組合成實驗用攪拌器機台

A. 材料：螺絲釘 × 4、圓形小保鮮盒 × 1，導線 × 2。

B. 工具：電鑽、螺絲起子。

C. 做法：

a. 在保鮮盒蓋上畫出銅柱接腳落點位置，利用電鑽鑽出四個小洞，用螺絲固定在銅柱下方，如圖 9-7。

b. 在保鮮盒身的側邊鑽出二洞，一為開關安裝處，另一為電源線出口，方便連接電源供應器，如圖 9-9。



圖 9-7 機台底部。

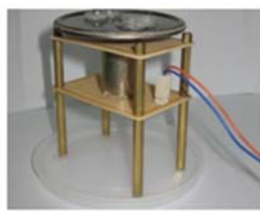


圖 9-8 動力與底座。

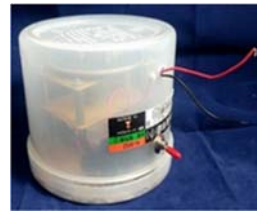


圖 9-9 完成。

2. 實驗用機台無負載通電試驗：

(1) 將轉盤裝上機台，並接上電源供應器，不放燒杯與攪拌子，如圖 10-1。

(2) 將電壓設定為 3 伏特，調整電流旋鈕，由 0 逐漸增加。

(3) 於 0.1、0.2、0.3 安培……觀察並記錄，直到電壓值到達 3 伏特為止。

(4) 觀察並記錄機台運轉情形。



圖 10-1 空轉



圖 10-2 電流 0.3



圖 10-3 電流 0.4



圖 10-4 電流 0.8



圖 10-5 電流 1.0

(5) 【結果】

表 3 攪拌器空轉：電流量(安培)與運轉觀察記錄表(室溫 25 °C)

電流	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
記錄	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—

註：○：正常運轉；X：靜止不動；—：無法達到電流值。

(6) **推論：**無負載時電流 0.3 到 1.0 安培可以正常運轉。小於 0.3 安培馬達不轉動。大於 1.0 安培後，雖未達 3 伏特，但是馬達嗡嗡作響轉速極高，電流已經無法往上調，推測原因為：馬達**無負載**且轉速已達極限。

3. 【實驗二之 1 和 2】 研究旋轉盤上磁鐵排序與磁鐵大小對攪拌子穩定運轉的影響。

- (1) 器材：500 毫升燒杯、400 毫升水、機台、各式轉盤、3 種攪拌子、電源供應器。
- (2) 做法：設計的轉盤與攪拌子→逐漸改變電流→觀察並記錄攪拌子運轉情形。找出最穩定的組合。

A. (校正)不同轉盤，操作前先用 0.5 安培、3 伏特調整氣隙，使 24 毫米磁鐵攪拌棒攪拌子能運轉，如圖 11-2~圖 11-5。原先以同樣的氣隙實驗，20 x 5 毫米磁鐵幾乎無法運轉而失去觀察的意義，因而有表 4、5、6 最下方 2 兩列追加實驗紀錄。

B. 將待測轉盤裝置於機台上，完成作法 C→更換轉盤，重複作法 C。

C. 更換轉盤→逐漸改變電流：將電壓設定為 3 伏特，調整電流旋鈕由 0 逐漸增加，於 0.3、0.4、0.5 安培……，觀察攪拌子運轉情形並記錄，直到電壓值到達 3 伏特。

D. 每一次操作均須將燒杯移開，再放回機台。重複 3 次。

- (3) 控制變因：燒杯、水、各式轉盤、攪拌棒(攪拌子)。
- (4) 操縱變因：馬達電流強度。
- (5) 應變變因：杯中攪拌子的反應。

※不變的控制變因

- 500毫升燒杯
- 400毫升水

※控制變因

- 各式轉盤
- 各式攪拌子

} 排列組合

※操控變因

- 馬達電流/轉速

※應變變因

- 攪拌子旋轉狀況



圖 11-1 機殼凹深 5 毫米



圖 11-2 直線重疊 氣隙5毫米



圖 11-3 硬碟磁鐵 氣隙10毫米



圖 11-4 20x5 毫米 氣隙22.5毫米









圖 11-5 商用機 無氣隙

(6) 【結果 1】

表 4 旋轉盤上磁鐵排序與 24 毫米磁鐵攪拌棒的旋轉情形記錄表。(室溫 25 °C)

轉盤/氣隙 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
5 mm	X	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	—
5 mm	X	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	—
5 mm	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	ψ	—

 5 mm	X	⊙	φ	→	→	→	φ	⊙	⊙	—
 5 mm	X	X	X	X	→	→	→	→	—	—
 5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
 5 mm	X	X	X	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
 22.5mm	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	φ	φ
 10 mm	X	X	⊙	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ

註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；⊙=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。—=電流已經無法向上調高。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。

(7) 【問題與推論】：

問題：有規則性嗎？有比較特異的部分嗎？轉變點？哪個最穩定？

觀察 1：正方形 NSNS 最不穩定，幾乎無法正常運轉。

推論 1：NS 兩極的連線無通過轉盤圓心，攪拌子無法固定在旋轉中心，因此轉盤旋轉時，攪拌子就像田賽運動的鏈球被拋出，無法像陀螺一樣旋轉。此由圖 7-5 亦可佐證。

觀察 2：正方形 NNSS 雖不穩定但仍有穩定旋轉的可能。

推論 2：由圖 7-4 可知，在轉盤的吸附實驗中，攪拌子並無機會於正方形 NNSS 轉盤上形成通過圓心的吸附。但是 NS 兩極的連線有可能通過轉盤圓心，而且從磁場的觀點分析，NN 同極及 SS 同極分屬兩端，亦可視為通過圓心的 NS 兩個磁場。

觀察 3：20 x 5 毫米磁鐵轉盤在氣隙為 5 毫米時完全無法轉動。

推論 3：由表 2 可知 20 x 5 毫米磁鐵有較強的磁力，本裝置所使用的馬達功率太小，無法對抗轉盤與攪拌子磁吸力所形成的摩擦力，因此無法轉動。將氣隙調整為 22.5 毫米就可順利旋轉。










觀察 4：回收硬碟磁鐵轉盤在氣隙 5 毫米時，低電流完全不動，電流大於 0.6 安培就可穩定旋轉。在氣隙 10 毫米時，只能在 0.5-0.7 安培時才可穩定旋轉。

推論 4：氣隙 5 毫米時，磁力大摩擦力也大，馬達功率太小。氣隙 10 毫米時磁力較小，當馬達電流加大轉速變快，磁吸力無法跟上轉速，因此容易失速。回收硬碟磁鐵轉盤的氣隙或可設置為 7.5 毫米。

觀察 5：NS 兩極或磁場的連線通過轉盤中心較有可能像陀螺一樣穩定旋轉。

(8) 【結果 2】

表 5 旋轉盤上磁鐵排序與十字形攪拌子的旋轉情形記錄表。(室溫 25°C)

轉盤/氣隙 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
 5 mm	X	⊙	φ	φ	φ	φ	→	→	→	—
 5 mm	X	⊙	φ	φ	→	→	→	→	→	—
 5 mm	X	⊙	→	→	φ	→	→	→	—	—
 5 mm	⊙	→	→	→	→	→	→	→	→	—
 5 mm	→	→	→	→	→	→	→	→	—	—
 5 mm	X	X	X	X	⊙	φ	φ	φ	⊙	⊙
 5 mm	X	⊙	⊙	φ	φ	→	φ	φ	φ	→
 22.5mm	X	X	φ	→	→	→	φ	φ	φ	→
 10 mm	⊙	φ	φ	→	→	→	→	→	→	→










註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；⊙=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。—=電流已經無法向上調高。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。

觀察 6：十字形攪拌子幾乎無法穩定旋轉，在低電流時雖有穩定旋轉，但是轉速極低非常緩慢。唯一正常旋轉的只發生在 20 x 5 毫米磁鐵轉盤，且氣隙為 5 毫米。

推論 6：由表 2 得知，十字形攪拌子的磁力極弱，另利用高斯計測量兩端的磁場強度僅 227-234 高斯，比棒形有節攪拌子的 366-488 高斯更弱。為本研究所使用所有磁鐵中磁力最弱的磁鐵。加上造型設計使的兩條交叉稜線與杯底有較大摩擦力。因此轉盤的磁力不夠無法帶動十字形攪拌子轉動，都呈現抖動居多。20 x 5 毫米磁鐵轉盤、氣隙 5 毫米磁力夠大。

(9) 【結果 3】

表 6 旋轉盤上磁鐵排序與棒形有節攪拌子的旋轉情形記錄表。(室溫 25°C)

轉盤/氣隙 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
 5 mm	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—
 5 mm	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—
 5 mm	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—
 5 mm	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—
 5 mm	⊙	→	φ	→	→	→	→	→	—	—
 5 mm	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
 5 mm	⊙	⊙	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ
 22.5mm	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
 10 mm	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—

註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；⊙=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。—=電流已經無法向上調高。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。

觀察 7：棒形有節攪拌子僅在 20 x 5 毫米磁鐵轉盤、氣隙 5 毫米及回收硬碟磁鐵轉

盤、氣隙 5 毫米、低電流(轉速)下可以穩定運轉。

推論 7：與推論 6 類似，棒形有節攪拌子磁力弱，需要搭配磁力較強的轉盤。不同的是，棒形有節攪拌子中央的環節凸起，形成旋轉支點，摩擦力極小，因此在低電流低轉速可以有機會穩定緩慢旋轉。轉速拉高吸力不夠就失速。

4. 【實驗二之 3】研究旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離對攪拌子穩定運轉的影響。

(1) 器材：500 毫升燒杯、400 毫升水、機台、直線重疊轉盤、3 種攪拌子、電源供應器、厚度 2.5 毫米隔板(氣隙)。

(2) 做法：直線重疊轉盤與各種氣隙→改變電流→觀察並記錄 3 種攪拌子運轉情形。

A. 將直線重疊轉盤上的磁鐵調整到最靠近機台頂部平台。將攪拌子、燒杯、水放至平台上。

B. 調整電流→改變氣隙：其他作法同前項實驗。

(3) 控制變因：機台、直線重疊轉盤、水、燒杯、攪拌子、不同的氣隙/距離。

(4) 操縱變因：電流大小。

(5) 應變變因：杯中攪拌子的反應。

(6) 【結果 1】：

※不變的控制變因

- 500毫升燒杯
- 400毫升水
- 直線重疊轉盤

※控制變因

- 3種攪拌子
- 各種距離

} 排列組合

※操控變因

- 馬達電流/轉速

※應變變因

- 攪拌子旋轉狀況

表 7 旋轉盤上磁鐵與 24 毫米磁鐵攪拌棒的距離，攪拌子旋轉情形記錄表。(室溫 25 °C)

電流 氣隙	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
2.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5.0	X	X	X	X	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
7.5	X	X	X	⊙	⊙	⊙	φ	φ	φ
10.0	X	X	⊙	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ
12.5	X	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ
15.0	X	⊙	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ
17.5	X	⊙	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
20.0	X	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
22.5	X	φ	φ	→	φ	→	→	→	→
25.0	X	φ	→	→	φ	φ	無	無	無
27.5	X	φ	→	→	無	無			
30.0	X	φ	→	→					

註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；⊙=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。無=攪拌子毫無反應。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。電流單位安培。

(7) 【問題與推論】：

問題：有規則性嗎？有比較特異的部分嗎？轉變點？

觀察 1：24 毫米磁鐵攪拌棒搭配直線重疊 NNSS 轉盤於氣隙 5 毫米時，有較多穩定旋轉的可能。

推論 1：X=馬達與攪拌子均靜止，推論是磁吸力大摩擦太力，馬達功率太弱。 ϕ = 旋轉後脫速，推論磁吸力不足以配合馬達轉速與轉盤不穩定旋轉旋轉磁場不穩，破壞攪拌子穩定旋轉而偏移失速。

觀察 2：同樣的攪拌子，同樣的轉盤，為何攪拌子「無=攪拌子毫無反應」的氣隙不同？

推論 2：可能與攪拌子、轉盤於起始時的方位與角度、磁吸力與斥力不同有關。

(8) 【結果 2】

表 8 旋轉盤上磁鐵與十字形攪拌子的距離，攪拌子旋轉情形記錄表。(室溫 25°C)

氣隙 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
2.5	X	◎	◎	◎	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
5.0	X	◎	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
7.5	X	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	→	→	→	→
10.0	X	ϕ	→	→	ϕ	→	→	無	無
12.5	X	→	無	無	→	→	無		
15.0	X	無			→	無			
17.5	X				無				

註：X=馬達與攪拌子均靜止； ϕ = 旋轉後脫速；◎ = 穩定旋轉 10 秒；→ = 脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。無 = 無反應。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。電流單位安培。

觀察 3：十字形攪拌子搭配直線重疊 NNSS 轉盤於氣隙 2.5 毫米時，有較多穩定非常緩慢旋轉的可能。

推論 3：十字形攪拌子磁力太弱，氣隙 2.5 毫米時，距離短磁吸力較強。

(9) 【結果 3】

表 9 旋轉盤上磁鐵與棒形有節攪拌子的距離，攪拌子旋轉情形記錄表。(室溫 25°C)

氣隙 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
2.5	X	◎	◎	◎	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
5.0	X	◎	◎	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
7.5	X	◎	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
10.0	X	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
12.5	X	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
15.0	X	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
17.5	X	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
20.0	X	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	→	→

22.5	X	ϕ	ϕ	ϕ	→	→	→	無	無
25.0	X	ϕ	ϕ	ϕ	無	無	無		

註：X=馬達與攪拌子均靜止； ϕ =旋轉後脫速； \odot =穩定旋轉 10 秒；→ =脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。無=無反應。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。電流單位安培。

觀察 4：棒形有節攪拌子搭配直線重疊 NNS 轉盤於氣隙 2.5 毫米時，有較多穩定緩慢旋轉的可能。

推論 4：棒形有節攪拌子磁力太弱，氣隙 2.5 毫米時，距離短磁吸力較強。

5. 【實驗二之 4 和 5】研究攪拌子長短與形狀對攪拌子穩定運轉的影響。

(1) 器材：500 毫升燒杯、400 毫升水、機台、直線重疊轉盤、20 x 5 轉盤、回收硬碟磁鐵轉盤、6 種長度磁鐵攪拌棒、3 種商用攪拌子、電源供應器、厚度 2.5 毫米隔板。

(2) 做法：設定轉盤與氣隙→變換攪拌子→調整電流→觀察並記錄攪拌子運轉情形。

A. 不同轉盤需調整相對的氣隙，參照前項研究：直線重疊轉盤(5 毫米)、20 x 5 轉盤(22.5 毫米)、回收硬碟磁鐵轉盤(10 毫米)。

B. 其他作法同前項實驗。

(3) 控制變因：機台、磁鐵轉盤、水、燒杯、電流、不同攪拌子。

(4) 操縱變因：不同電流。

(5) 應變變因：杯中攪拌子的反應。

(6) 【結果 1】

※不變的控制變因

- 500毫升燒杯
- 400毫升水
- 氣隙/距離

※控制變因

- 3種轉盤
- 各種攪拌子

※操控變因

- 馬達電流/轉速

※應變變因

- 攪拌子旋轉狀況

} 排列組合

表 10 直線重疊轉盤，各種攪拌子旋轉情形記錄表。(氣隙 5 毫米、室溫 29 °C)

攪拌子 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
8 毫米	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot
16 毫米	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot
24 毫米	X	X	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot
32 毫米	X	X	X	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot
40 毫米	X	X	X	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot	\odot
48 毫米	X	X	X	X	→	→	→	→	ϕ
橄欖	\odot	\odot	\odot	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
棒節	\odot	\odot	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
十字	\odot	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ

註：X=馬達與攪拌子均靜止； ϕ =旋轉後脫速； \odot =穩定旋轉 10 秒；→ =脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。無=無反應。氣隙：平台與燒杯的距離。電流單位安培。

問題：有規則性嗎？有比較特異的部分嗎？轉變點？

觀察 1：8 和 16 毫米為有條件的在所有電流均可旋轉，(1).必須一開始未被單一邊磁極吸住。(2).8 毫米的旋轉方式並非單純在一平面，而是除了水瓶還有上下的旋轉。

觀察 2：直線重疊轉盤上的磁極中心距離 24 毫米，48 毫米長的攪拌子在電流 0.3-0.6 安培時上下均固定不動。電流 0.7-1.0 安培時脫速(→)：馬達轉動、攪拌子不轉動。電流 1.1 安培時轉一圈就脫速了。

推論 2：48 毫米長的攪拌子與杯底接觸面積大摩擦力大。48 毫米長大過轉盤上的磁極，吸附力、吸附位置不穩定。馬達功率小無法匹配。

觀察 3：長度 8 和 16 毫米的攪拌子，長度小於轉盤上的磁極中心距離 24 毫米，可以完全穩定旋轉。

觀察 4：長度大於或等於 24 毫米，低電流時開始出現上下均固定不動的現象，長度越長越明顯。

推論 4：長度大與杯底接觸面積大摩擦力大，馬達功率小無法匹配。

觀察 5：商業攪拌子旋轉穩定度橄欖形 > 棒形節 > 十字形。

推論 5：高斯計測量磁場強度，棒形有節 366-488 高斯 > 橄欖形 296-388 高斯 > 十字形攪拌子 227-234 高斯。橄欖形旋轉時兩端不碰到杯底，碰撞較少，摩擦力較小。

(7) 【結果 2】

表 11 20 x 5 轉盤，各種攪拌子旋轉情形記錄表。(氣隙 22.5 毫米、室溫 29°C)

攪拌子 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
8 毫米	X	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
16 毫米	X	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
24 毫米	X	X	◎	◎	◎	◎	◎	φ	φ
32 毫米	X	X	X	◎	◎	◎	◎	◎	φ
40 毫米	X	X	X	◎	◎	◎	◎	◎	◎
48 毫米	X	X	X	X	X	X	◎	◎	◎
橄欖	X	◎	◎	φ	φ	φ	φ	φ	φ
棒節	X	◎	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
十字	X	→	φ	φ	→	→	φ	→	→

註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；◎=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。無=無反應。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。電流單位安培。

觀察 6：表 11 和表 10 的分部有些類似，但是在 0.3 安培部分 X(馬達與攪拌子均靜止)的出現率(灰色區塊)增加了。

推論 6：由表 2 可知 20 x 5 磁鐵在隔 2 毫米氣隙所能吸附鐵粉的重量是 6 x 4 磁鐵的 11.7

倍，雖然將氣隙控制在 22.5 毫米，但是與各種攪拌子的磁吸力應該仍大於 0.3 安培時馬達的功率。

(8) 【結果 3】

表 12 回收硬碟磁鐵轉盤，各種攪拌子旋轉情形記錄表。(氣隙 10 毫米、室溫 25°C)

攪拌子 \ 電流	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
8 毫米	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	—
16 毫米	◎	◎	◎	◎	◎	◎	φ	φ	—
24 毫米	X	X	◎	◎	◎	φ	φ	φ	—
32 毫米	X	X	X	◎	◎	◎	φ	φ	—
40 毫米	X	X	X	◎	◎	φ	φ	φ	—
48 毫米	X	X	X	X	◎	φ	φ	→	—
橄欖	◎	◎	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—
棒節	◎	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	—
十字	◎	φ	φ	→	→	→	→	→	—

註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；◎=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。氣隙：平台與燒杯的距離，單位毫米。電流單位安培。—=電流已經無法向上調高。

觀察 7：回收硬碟磁鐵轉盤在電流 0.8-1.0 安培，φ(旋轉後脫速)明顯增加了。1.1 安培無法達到。

推論 7：回收硬碟磁鐵重量較輕，厚度薄緊貼轉盤空氣阻力小，馬達負載小轉速快。

6. (追加實驗)商用攪拌器性能與構造研究：

- (1) **說明：**原先設計的實驗雖有初步的成果與結論，可以改善自製攪拌器的穩定度，但是馬達轉速若未控制減速，仍然容易使攪拌子脫離，因此決定拆解商用攪拌器，與研究結果比對，找出可以使自製攪拌器穩定運轉的因素。
- (2) **資料研讀整理：**為了更了解電磁攪拌器，我們參考德○儀器及宏○儀器有限公司的電磁攪拌器規格表，商品的最高轉速在 200~2,500 轉/分鐘之間，低速磁力攪拌器主要用於細胞培養專用，最多的是 1,200~1,800 轉/分鐘。若無加熱功能，功率多在 1.2 瓦~30 瓦之間。盤面材質則有：不鏽鋼、矽膠、塑膠、金屬烤漆、搪瓷、鋁合金披覆鐵氟龍薄膜、不銹鋼披覆矽樹脂薄膜等。有加熱功能的電磁加熱攪拌器，加熱溫度則在 300~550°C，盤面材質則有鋁合金、玻璃陶瓷、不鏽鋼披覆陶瓷、鋁合金披覆陶瓷等。
- (3) 本次實驗用商用電磁加熱攪拌器參數：
 - A. 電磁加熱攪拌器，有加熱器及隔熱，馬達轉數 50-1,200 RPM，如圖 12-2。

B. 磁鐵耐高溫 300°C 以上，磁極在長兩端，如圖 12-4。

C. 高斯計測量，磁鐵兩極為 799 和 968 高斯，如圖 12-4，磁鐵面距離檯面約 1.5 公分，檯面測得磁場強度為 277 和 322 高斯，如圖 12-5。

(4) 做法：將燒杯、水放至平台上→變換攪拌子→調整轉速→觀察並記錄攪拌子運轉情形。商用攪拌器總共有 10 段轉速。



圖 12-1 外觀(去蓋)

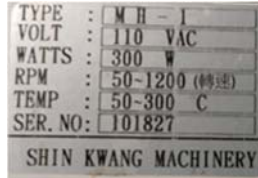


圖 12-2 參數：50-1200 RPM

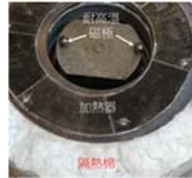


圖 12-3 磁鐵、加熱器、隔熱棉

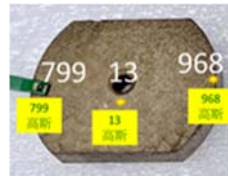


圖 12-4 磁鐵磁場強度

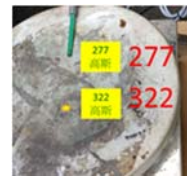


圖 12-5 轉檯上磁場強度

(5) 【結果】

表 13 商用攪拌器，各種攪拌子旋轉情形記錄表。(無氣隙、室溫 25°C)

段速 攪拌子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8 毫米	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
16 毫米	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
24 毫米	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
32 毫米	X	X	X	X	X	X	X	◎	◎	◎
40 毫米	X	X	X	X	X	X	X	◎	φ	◎
48 毫米	X	X	X	X	X	X	X	X	◎	◎
橄欖	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
棒節	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	φ
十字	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	φ	φ	φ

註：X=馬達與攪拌子均靜止；φ=旋轉後脫速；◎=穩定旋轉 10 秒；→=脫速：馬達轉動、攪拌子不轉動。
無=無反應。

觀察 1：商用攪拌器確實相對穩定，各種攪拌子無論長短或是形狀均有穩定旋轉的段位(轉速)可搭配。

推論 1：(1).商用攪拌器馬達 50-1200 RPM(每分鐘轉速)與實驗用馬達的無負荷回轉數約 6000~8000 RPM 差異極大，攪拌器轉速不宜太高。(2).商用攪拌器馬達估計與實驗用馬達有二十倍以上的重量，功率、轉矩較大，如圖 12-6。(3).磁鐵面，長寬高 53 x 40 x 8 毫米，由圖 5-9 的磁力線圖或可解釋為有較大的磁場範圍可以吸附、帶動攪拌子使不偏離。



圖 12-6

(4).較重的磁鐵可以有效降低旋轉的加速與轉速。(5).商用攪拌器精密度高，旋轉磁鐵旋轉幾乎不偏移，實驗用轉盤，雖盡力找


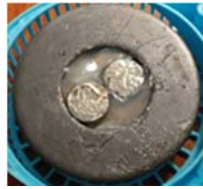



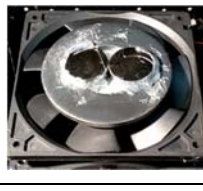
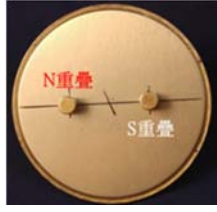
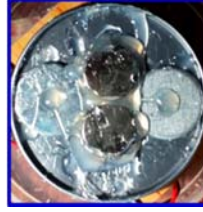
到圓心，但是精密度仍不夠，旋轉時圓的四周和上下均有殘影。

伍、「電磁攪拌器製作參考指引」

一、依據實驗結果，設計可使電磁攪拌器穩定運轉的「電磁攪拌器製作參考指引」。

- (一) **馬達**：轉速及加速不宜太快，最好選用在 2,500 RPM 以內的馬達。使用資源回收的馬達，可利用**增加轉盤的重量來增加馬達的負載，達到平穩加速及減速的目的。**
- (二) **轉盤與磁鐵**：圓盤上的磁鐵 NS 兩磁極或磁場必須通過轉盤中心，若**使用兩顆直徑 2 公分或 3 公分、厚度 0.5 公分的釹鐵硼磁鐵，NS 極相吸形成長度 4 到 6 公分的磁鐵，**可使 2.5 公分長的各式商用攪拌子非常穩定的旋轉。
- (三) 攪拌子長度越長越不穩，配合上述兩點建議，攪拌子長度在 4 公分以下可穩定。
- (四) 轉盤磁鐵與攪拌子的距離影響很大，**設計的機台最好可以方便調整機台高度。**

二、利用製作指引重新調整回收小風扇攪拌器、回收電腦散熱風扇攪拌器及實驗用機台

	調整前轉盤	調整內容	調整後轉盤	成果展示影片
回收小風扇攪拌器		(1).2 顆 20 X 5 mm 釹鐵硼磁鐵。 (2).轉盤重量增加鐵片 187 公克。		 (片長3分鐘) 研究成果展示影片連結 https://reurl.cc/L3g69e  (片長15分鐘) 研究成果影片連結 https://reurl.cc/L3qqj7
回收電腦散熱風扇攪拌器		(1).2 顆 30 X 5 mm 釹鐵硼磁鐵。 (2).轉盤重量增加鐵片 187 公克。		
實驗用機台		(1).2 顆 20 X 5 mm 釹鐵硼磁鐵。 (2).轉盤重量增加鐵片 12 公克。		

三、利用製作指引重新調整實驗用機台：加重轉盤、調整磁鐵與氣隙，測試結果如下。

電流 攪拌子	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	
橄欖	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
棒節	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
十字	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

圖 13 20x5 毫米磁鐵墊片加重轉盤，氣隙 7.5 毫米。【註：電流 0.4 以下無法轉動】

陸、 製作神奇超距力攪拌器

一、 材料：回收電腦硬碟、回收電腦電源、5-12 伏特無刷馬達驅動器、電源開關、122 公克大型鐵製墊片、30 X 5 毫米圓形釹磁鐵 2 顆、熱熔膠/槍、小螺絲。

二、 作法：

(一) 拆開硬碟、拆掉電子板及讀針套件，只留下馬達、碟片及外殼，如圖 14-1。

(二) 馬達三個電源接點銲接 3 條長 20 公分的電線，如圖 14-2。

(三) 連接馬達與無刷馬達驅動器，如圖 14-3。

(四) 連接回收電腦電源紅黑電線(5 伏特)，如圖 14-4。

(五) 回收電腦電源**導通**處理，綠色與黑色電線連接開關，如圖 14-5。

(六) 使用迴紋針隔開，避免馬達軸心被黏住，如圖 14-6。

(七) 黏大型鐵製墊片在碟片上增加重量，黏上磁鐵，如圖 14-7。

(八) 鎖螺絲與外殼(平台)，如圖 14-8，完成圖，如圖 14。



圖 14-1



圖 14-2



圖 14-3



圖 14-4

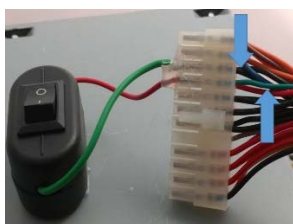


圖 14-5



圖 14-6



圖 14-7



圖 14-8

柒、 討論

一、 基本款商用電磁攪拌器市價約五千元台幣。家中廢棄電腦若送至回收場，回收價一百元。若拆下電源供應器及硬碟製作電磁攪拌器，其餘拿去回收，還值六十元。

二、 馬達與轉盤的重量(負載)：本研究使用的小馬達，限制電壓 1.5-3.0 伏特，無負載迴轉數約 6,000~8,000 RPM，對於電磁攪拌器而言，**加速太快、轉速太快、功率不足都是不利的影響**，經由商用攪拌器的觀察發現：**轉盤的重量與馬達加速與轉速有關，適度增加轉盤**

重量可以有效降低加速度及轉速，使攪拌子更穩定旋轉。

四、**杯子與燒杯**：原先使用家中酒杯，但是一直無法得到穩定的攪拌效果，改用燒杯後相對穩定。經討論得出可能原因如下：酒杯杯底厚，使得磁鐵轉盤與杯中磁鐵攪拌棒間隔過大。底部面積太小、厚薄不一且下凹不利旋轉。燒杯杯底較薄、厚度平均、底面積也較大，進行攪拌棒大小試驗時較穩定，且燒杯底部中央微凸，阻力相對較小，有利磁鐵攪拌棒旋轉。

五、**磁鐵轉盤上的磁鐵**：磁鐵大小與兩磁極的距離會影響攪拌子的穩定度，**轉盤上磁鐵磁極的長度略大於攪拌子較穩定**。以 6 x 4 及 20 x 5 毫米的圓柱形磁鐵旋轉盤上兩端磁鐵的中心設定為 2.4 公分，與回收硬碟上的扇形磁鐵兩極中心距離 3.2 公分相比，就實驗結果而言，在搭配小馬達及 2.4 公分攪拌子的前提下，6 x 4 直線重疊可以有最穩定的效果，但是**轉速提高就不穩**。但是，若是比對商用攪拌器的磁鐵與馬達搭配，**寬大的磁鐵有更寬的磁場，效果更好**。商用攪拌器的磁鐵兩極中心距離 4.5 公分，但是 2.5 公分長以下的攪拌子均可以穩定旋轉。

六、**攪拌子長度**：**長度小於轉盤上磁鐵磁極長度的攪拌子較穩定**。6 x 4 及 20 x 5 毫米的圓柱形磁鐵旋轉盤上兩端磁鐵的中心設定為 2.4 公分，而回收硬碟上的扇形磁鐵的兩端磁極中心使用鋼珠測試約為 3.2 公分，加上商用攪拌器，四組轉盤測試結果均顯示：**攪拌子長度越長越不穩定**。攪拌棒長度與造成之旋渦：**攪拌棒長度越長所形成旋渦口徑越大**，如圖 15。

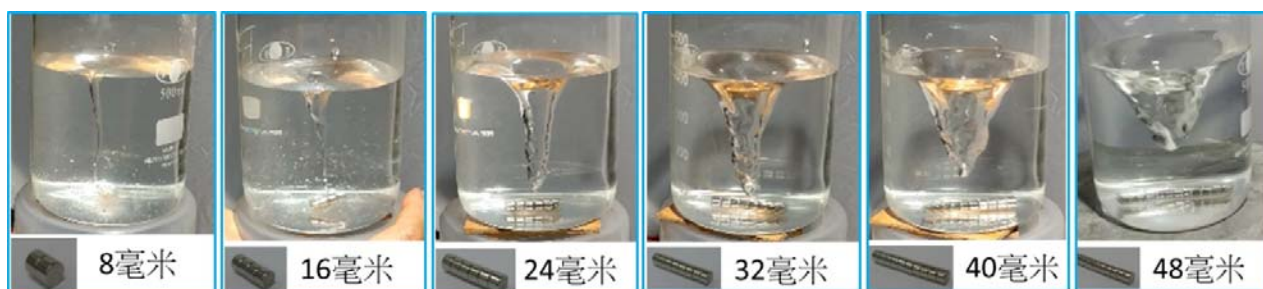


圖 15 各種長度磁鐵攪拌棒造成之旋渦，越長旋渦口徑越大。

七、**攪拌子形狀**：三種商用攪拌子，在使用自製機台利用三種轉盤測試，結果其實都不理想，僅在低電流低轉速才能很緩慢的穩定旋轉，如表 10、11、12 所示。雖然與商用機台的結果都顯示橄欖形優於棒形有節優於十字形，但是，商用機台使用三種商用攪拌子都很穩定，其中原因與商用機台**使用厚重的磁鐵，馬達可以緩慢穩定加速**。

- 八、攪拌子材質：**使用軟磁鐵(無磁性的鐵棒)亦可穩定運轉**，不一定要使用磁鐵當攪拌子。
- 九、轉盤上磁鐵與機殼平台的間隔(氣隙)會直接影響攪拌效果：轉盤上磁鐵與攪拌子的距離太近，上下磁鐵磁吸力太強，導致摩擦力過大，上下均無法轉動。當間隔(氣隙)加大到某種程度，馬達轉速變快了穩定度就變差。
- 十、電磁攪拌器各種作用力：杯中攪拌子靜止時有**慣性**。當機台下的**馬達帶動**磁鐵轉盤開始旋轉，杯中攪拌子受到**磁力的作用力**由靜止開始加速旋轉。當杯中磁鐵攪拌棒由靜止開始轉動會與杯底形成**摩擦力**，開始旋轉也會與杯中的溶液產生碰撞，而發生**阻力**。若外力合為零時，攪拌子的穩定旋轉時會如**陀螺**般慣性轉動。若突然受到外力的干擾，例如旋渦衝擊而偏離磁力中心，攪拌子受到轉盤磁力的瞬間加力作用而被拋出。又根據【教育部國語辭典簡編本】**離心力**：做曲線運動的物體，在曲率中心的力量消失時，會沿慣性脫離。因此，攪拌子穩定旋轉時像陀螺，攪拌子並非做曲線運動，因此無關離心力。

十一、 本研究使用的轉盤演變與比較

第一代		轉盤上的磁鐵磁力小重量輕、轉盤重量輕或無轉盤、馬達轉速高且加速快：使用商業攪拌子會完全失速。
第二代		重疊或加大轉盤上的磁鐵磁力、無特別增加轉盤的重量：起動時穩定，但因馬達加速太快而瞬間脫速。
第三代		使用鐵片加重轉盤重量、加大轉盤上磁鐵與距離，使磁極的中心拉長，目的是希望可使更長的攪拌子也穩定旋轉：起始不穩、中速尚佳、高速不穩，反而使短攪拌子更不穩。
第四代		大幅度增加轉盤重量，將加大的 NS 極磁鐵吸附在一起形成有 NS 兩極的大磁鐵：加速緩慢、磁力可以配合轉速，非常穩定，不用調整馬達轉速，電源最大，高轉速也很穩定。

捌、 結論

一、 利用模仿網路視頻製作電磁攪拌器，探討影響電磁攪拌器穩定運轉的各項變因。

影響攪拌子穩定旋轉的可能因素有：(1).攪拌器所使用磁鐵的磁力與排列。(2).旋轉盤上的磁鐵與攪拌子的距離。(3).攪拌子的形狀、大小、磁力。(4).杯子的形狀。(5).馬達的輸出功率與轉速。(6).攪拌杯中液體的性質與量的多寡(溶液的作用力)。

二、 **實驗一**：研究電磁攪拌器的基本原理：磁鐵、磁力與磁場。

- (一) **磁力線觀察**：電磁攪拌器轉盤上的磁鐵必須同一面有 N 極和 S 極。可使用在同一面有 NS 極的大磁鐵或是 2 顆 NS 極在不同面的磁鐵，一 N 一 S 黏貼在轉盤上。
- (二) **磁鐵轉盤上磁鐵排序與攪拌子吸附的情形觀察**：轉盤磁鐵 NS 極連線必須通過轉盤圓心為最佳，其次是由同極磁鐵在同側形成 2 個通過轉盤圓心的 NS 磁場。
- (三) **磁鐵磁吸力觀察**：距離對磁力的影響很大。商用攪拌子的磁力很微弱，隔 2 毫米就幾乎無法吸起鐵粉。商用機的旋轉磁鐵體積大、面積大，但磁場強度比實驗中使用的任何釹鐵硼磁鐵弱，經磁鐵店老闆鑑定是耐高溫的鋁鎳鈷磁鐵。

三、**實驗二**：利用自製電磁攪拌器來研究各項變因對攪拌子穩定運轉的影響。

- (一) **旋轉盤上磁鐵排序**對攪拌子穩定運轉的影響：轉盤上**磁鐵 NS 極或磁場連線**必須通過轉盤圓心。
- (二) **旋轉盤上磁鐵大小**對攪拌子穩定運轉的影響：轉盤上**磁鐵的面積大**，可以**更穩定**的吸附攪拌子，但是必須搭配適當的氣隙，避免磁力過大造成摩擦力過大。馬達加速或轉速較大時，也需要較大的磁鐵搭配。
- (三) **旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離**對攪拌子穩定運轉的影響：距離對磁力有很大的影響。設計電磁攪拌器時，轉盤與攪拌子的**距離必須實際測試調整**，磁力越大間隔要越大。因此機台的設機最好能方便調整高度。
- (四) **攪拌子長短**對攪拌子穩定運轉的影響：選擇適當的轉盤與適當的氣隙，**攪拌子越長旋轉越不穩定**，攪拌子的長度越長所形成的旋渦開口越大。
- (五) **攪拌子形狀**對攪拌子穩定運轉的影響：商用攪拌子的旋轉穩定度：**橄欖形 > 棒形中央有環節 > 十字形**。

四、**總結論**：

網路訊息真真假假，需要求證。利用回資源製作電磁攪拌器，可利用**增加轉盤的重量提高馬達的負載**，可以**降低馬達的加速度及轉速**，搭配厚度 0.5 公分、直徑 2 或 3 公分的磁鐵 NS 並排相吸形成長度 4 到 6 公分長的**磁鐵轉盤**，再調整**旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離**，可使 2.5 公分長的**各式商用攪拌子非常穩定的旋轉**。利用回收的電腦硬碟及電源製作電磁攪拌器，除了馬達與外殼精細度很高很安靜之外，重心很低很穩很安全。能夠資源再利用，不僅環保，也有如百戰天龍男主角馬蓋先化腐朽為神奇的成就感。

玖、參考資料

- [1]. 國小自然【三上 / 第一冊】單元 2 生活中有趣的力。臺北市，南一出版社。
- [2]. 國小自然【三上 / 第一冊】第二單元 奇妙的磁鐵。臺南市，翰林出版社。
- [3]. 國小自然【三上 / 第一冊】第二單元 神奇磁力。新北市，康軒出版社。
- [4]. 國小自然【四下 / 第四冊】第四單元 奇妙的電路。新北市，康軒出版社。
- [5]. 林弘恩、許森富 (2018)。非接觸式磁性攪拌器。小論文。台南市
- [6]. 電磁攪拌器 (2018 年 3 月 12 日)。維基百科，自由的百科全書。取自：
<https://reurl.cc/exkgqx>
- [7]. 直流馬達(2019 年 5 月 16 日)。維基百科，自由的百科全書。取自：<https://reurl.cc/qd4be0>
- [8]. Darren Tan (2016)。自製電磁攪拌機。YouTube。取自：<https://reurl.cc/E7gRaK>
- [9]. Fanny Magnet (2016 年 11 月 25 日)。How to Remove a Neodymium Hard Drive Magnet From Its Bracket Simple Easy Hack。YouTube。取自：<https://reurl.cc/0oWeDk>
- [10]. DIY 先生 (2017 年 6 月 17 日)。教你如何讓磁鐵的磁力消失（高溫消磁）High temperature degaussing experiment。YouTube。取自：<https://reurl.cc/exko5L>
- [11]. 居禮點 (2020 年 2 月 21 日)。維基百科，自由的百科全書。取自：<https://reurl.cc/arxD0D>
- [12]. 海南島民(2018 年 10 月 30 日)。教你如何用品磁鐵，給螺絲刀消磁和充磁，方法簡單一看就會，很實用。 YouTube。取自：<https://reurl.cc/xZWqGe>
- [13]. Weird beer (2011)。Fo's \$15 Stir Plate Build - How To Make A Solderless Stir Plate 3。YouTube。取自：<https://reurl.cc/pd9ZnQ>
- [14]. 林宣安 (2018 年 10 月 4 日)。磁化的原理。YouTube。取自：<https://reurl.cc/4RI9IR>
- [15]. Magnet Expert Ltd，2020，Temperature effects on permanent magnets Retrieved from <https://reurl.cc/0oy3eb>
- [16]. 2020 Dura Magnetice. Inc. 5500. Magnetic and Physical Characteristics Retrieved from <https://reurl.cc/b5yvoM>



(片長3分鐘)
研究成果展示影片連結
<https://reurl.cc/L3g69e>



(片長15分鐘)
研究成果影片連結
<https://reurl.cc/L3qqj7>

【評語】 082907

本研究利用回收電腦硬碟、風扇等資源並探討各項影響電磁攪拌器穩定運轉的變因，設計製作可穩定運轉的電磁攪拌器。結合小學自然磁鐵原理，控因及變因清楚，研究過程有條不紊，從第一代到第四代不斷改良使攪拌子更穩定旋轉。較可惜的是僅使用水作為攪拌的介質而未混合其他溶質或不同溶液驗證攪拌的效果。

摘要

電磁攪拌器於生活中的運用越來越多，如奶泡機、攪拌杯。網路有分享利用各種回收資源製作的視頻，模仿製作卻發現不能運轉，使我們決定要解開電磁攪拌器穩定運轉的秘密。本研究先模仿網路視頻製作2部攪拌器，找出影響穩定運轉的變因有：馬達性能、旋轉磁鐵的大小與排列、轉盤與攪拌子的距離、攪拌子大小及形狀等。自己設計攪拌器驗證實驗結果。研究發現：增加轉盤的重量提高負載，可以降低馬達的加速度及轉速，搭配厚度5毫米、直徑2或3公分的磁鐵NS並排相吸，形成長度4到6公分長的磁鐵轉盤，再調整旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離，可使2.5公分長的各式商用攪拌子非常穩定的旋轉。利用回收電腦硬碟製作電磁攪拌器，既環保又能化腐朽為神奇。

壹、研究動機

三年級上自然課「生活中有趣的力」，老師說電磁攪拌器的原理是利用磁鐵的磁力帶動。跟著網路分享影片學做，卻發現不能運轉。後來，參加學校的科學研習課程，老師說利用控制變因和操縱變因，可以有系統的找出真相，於是老師幫我找同學一起設計實驗，希望可以找出讓電磁攪拌器穩定運轉的變因，成功破解網路電磁攪拌器的真相。

貳、研究目的

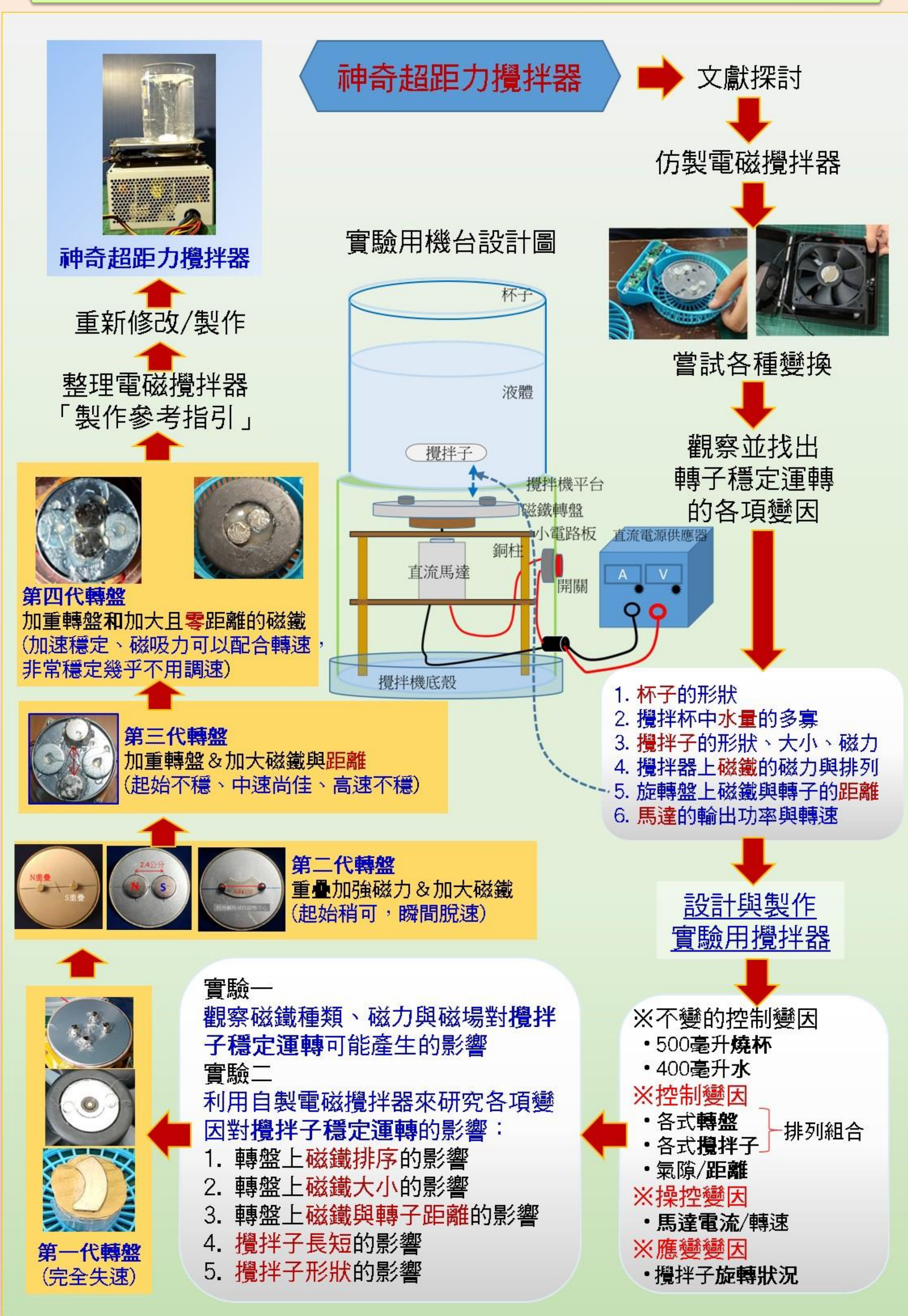
1. 模仿網路視頻製作電磁攪拌器，找出影響攪拌子穩定運轉的各項變因。
2. 觀察磁鐵種類、磁力與磁場對攪拌子穩定運轉可能產生的影響。
3. 利用自製電磁攪拌器來研究各項變因對攪拌子穩定運轉的影響。
4. 依據實驗結果，設計可使電磁攪拌器穩定運轉的「製作參考指引」。
5. 利用「製作參考指引」，修正各種自製電磁攪拌器能穩定運轉商用攪拌子。

參、主要研究器材

廢棄電腦電源散熱風扇、廢棄電腦硬碟、回收圓型鐵片(洋芋片罐)、廢棄小涼風扇、回收瓦楞紙、廢棄12V電源、自然課後廢棄3V小型馬達、電池盒、AA電池、馬達轉速控制器、直流電源供應器。

肆、研究方法與結果

研究流程圖與攪拌器設計圖



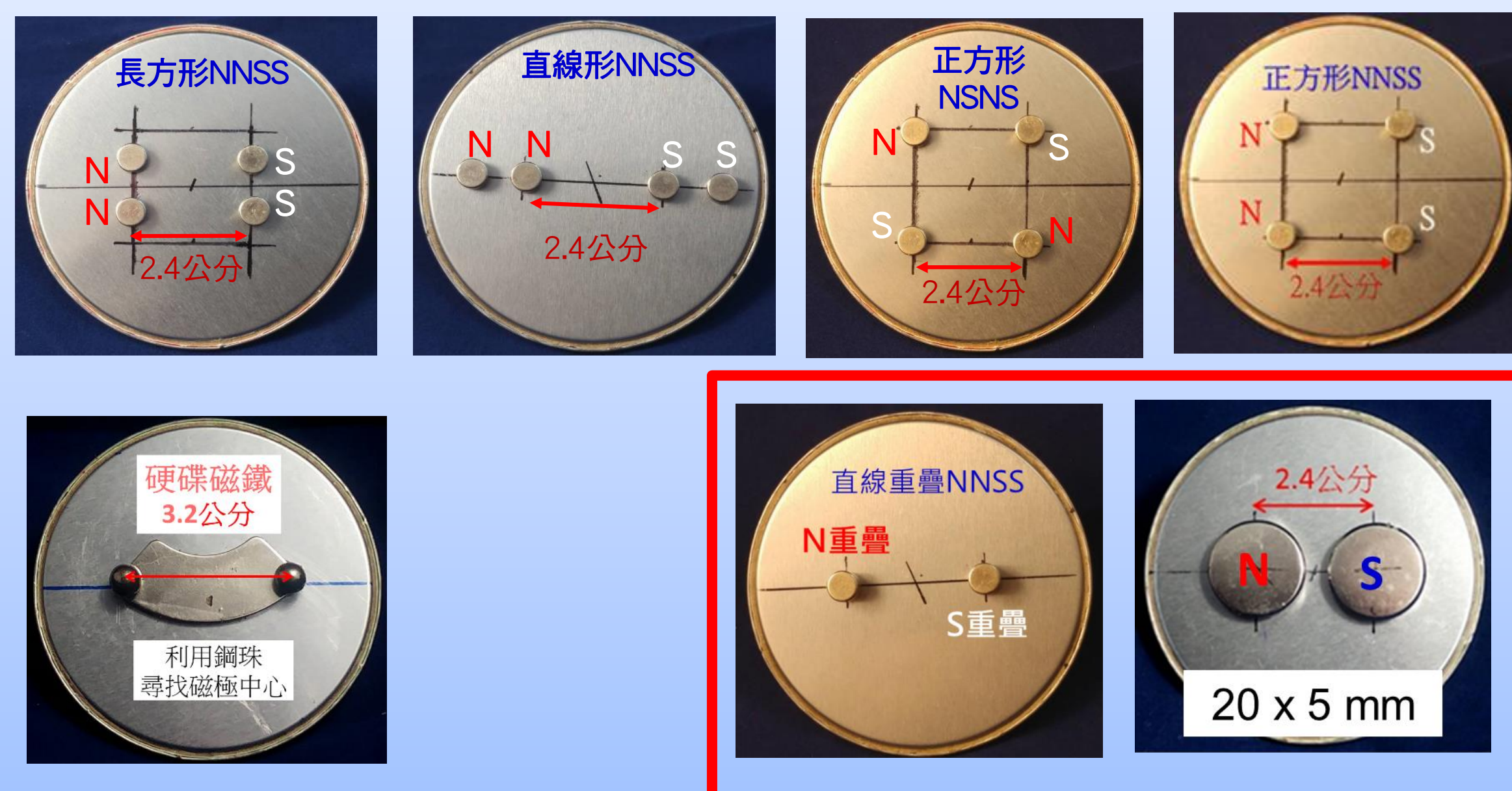
模仿製作回收小風扇及回收電腦風扇攪拌器調整

	改變前	改變後
回收小風扇攪拌器	紙盤 回收硬碟內磁鐵 風扇有扇葉	鐵盤 2+2顆釹磁鐵重疊 剪去風扇扇葉
	橄欖形攪拌子	釹磁鐵6顆2.4公分
回收電腦風扇攪拌器	2顆釹鐵硼磁鐵 棒形攪拌子 風扇高度與盒蓋有距離	回收硬碟內磁鐵 釹磁鐵6顆2.4公分 風扇幾乎靠近頂部

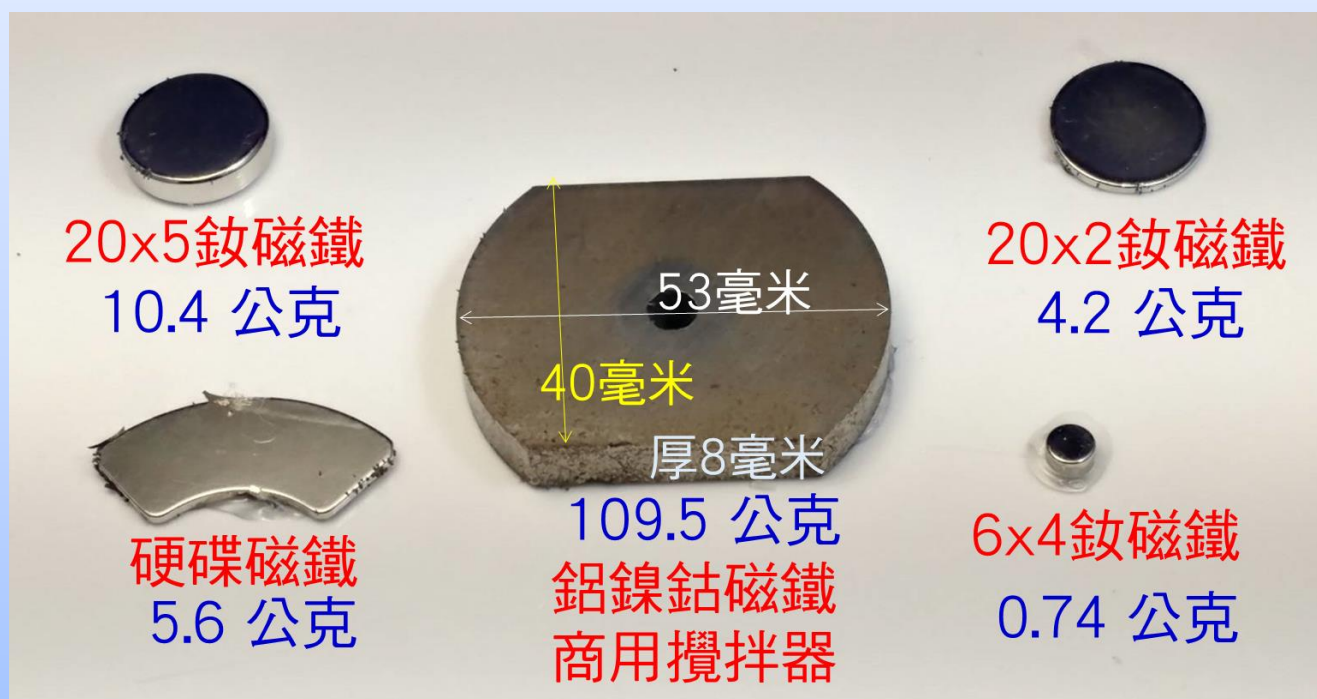
註：改變前後商用攪拌子均無法穩定運轉

實驗器材製作

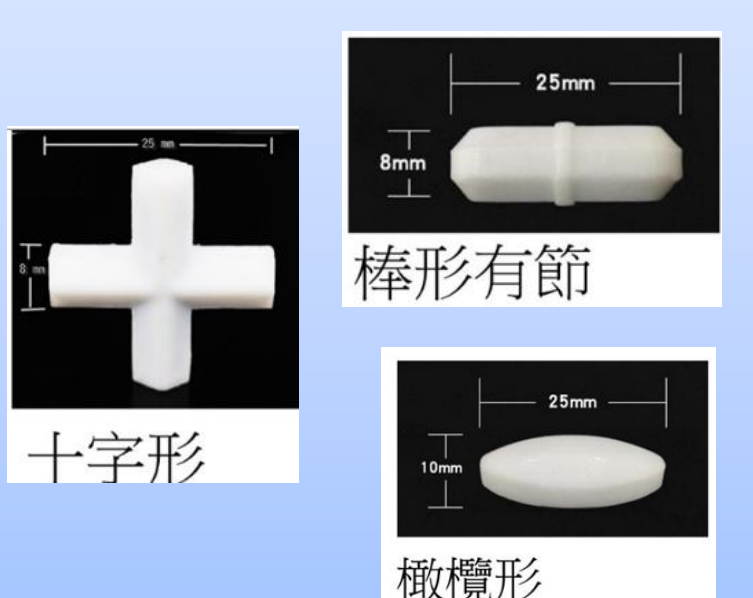
本研究所使用各種不同磁鐵轉盤



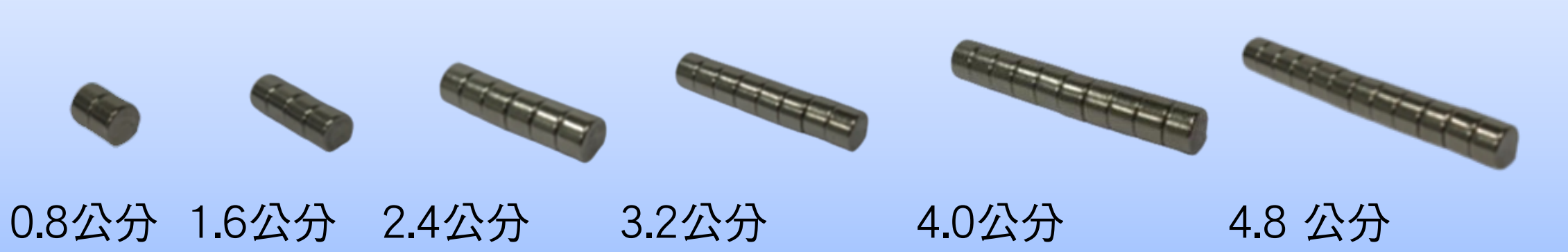
本研究所使用各種不同規格的磁鐵



本研究所使用各種商用攪拌子

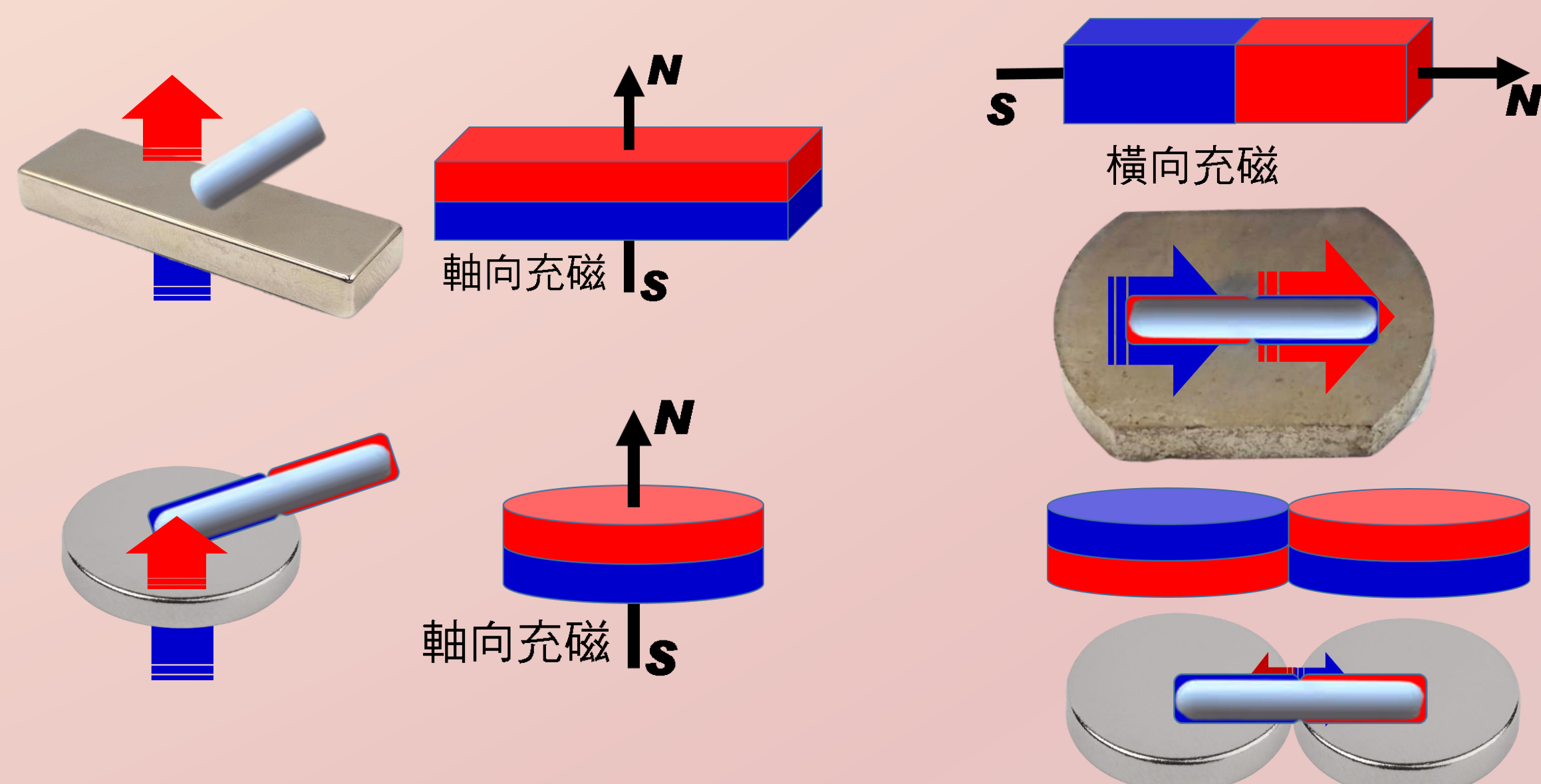
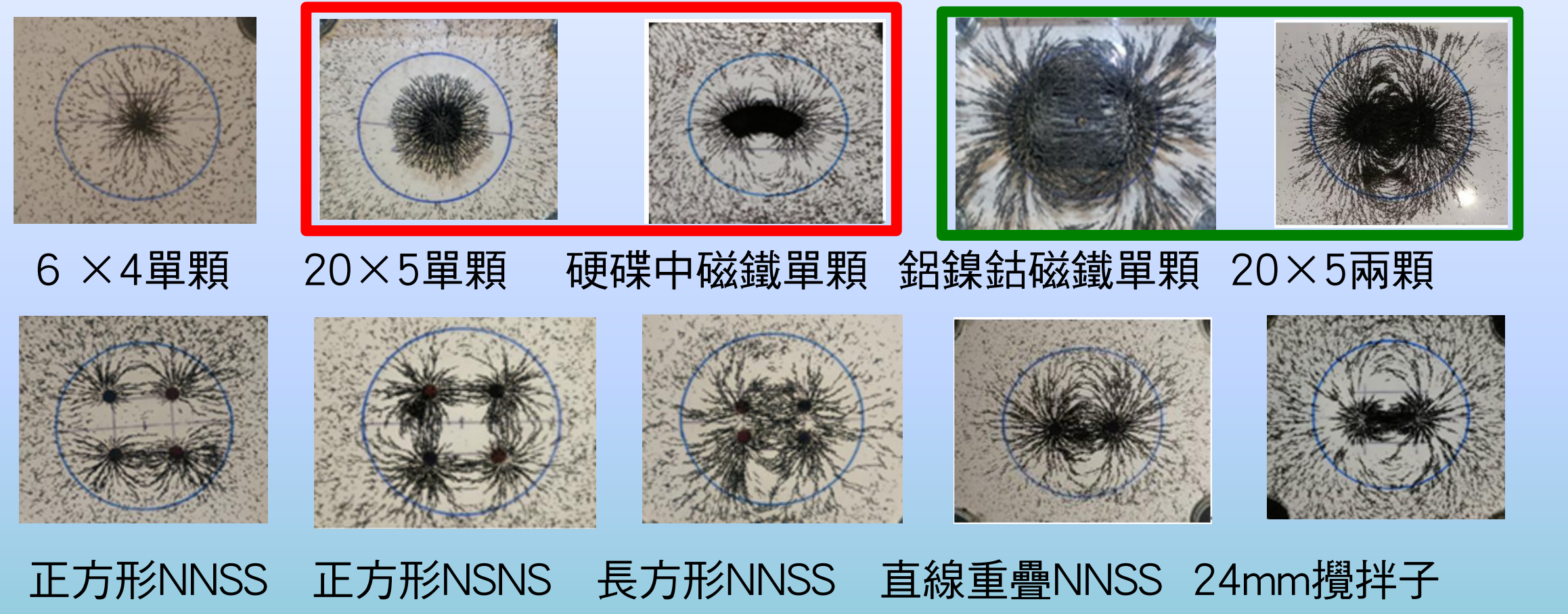


本研究所使用各種不同長度的磁鐵攪拌棒

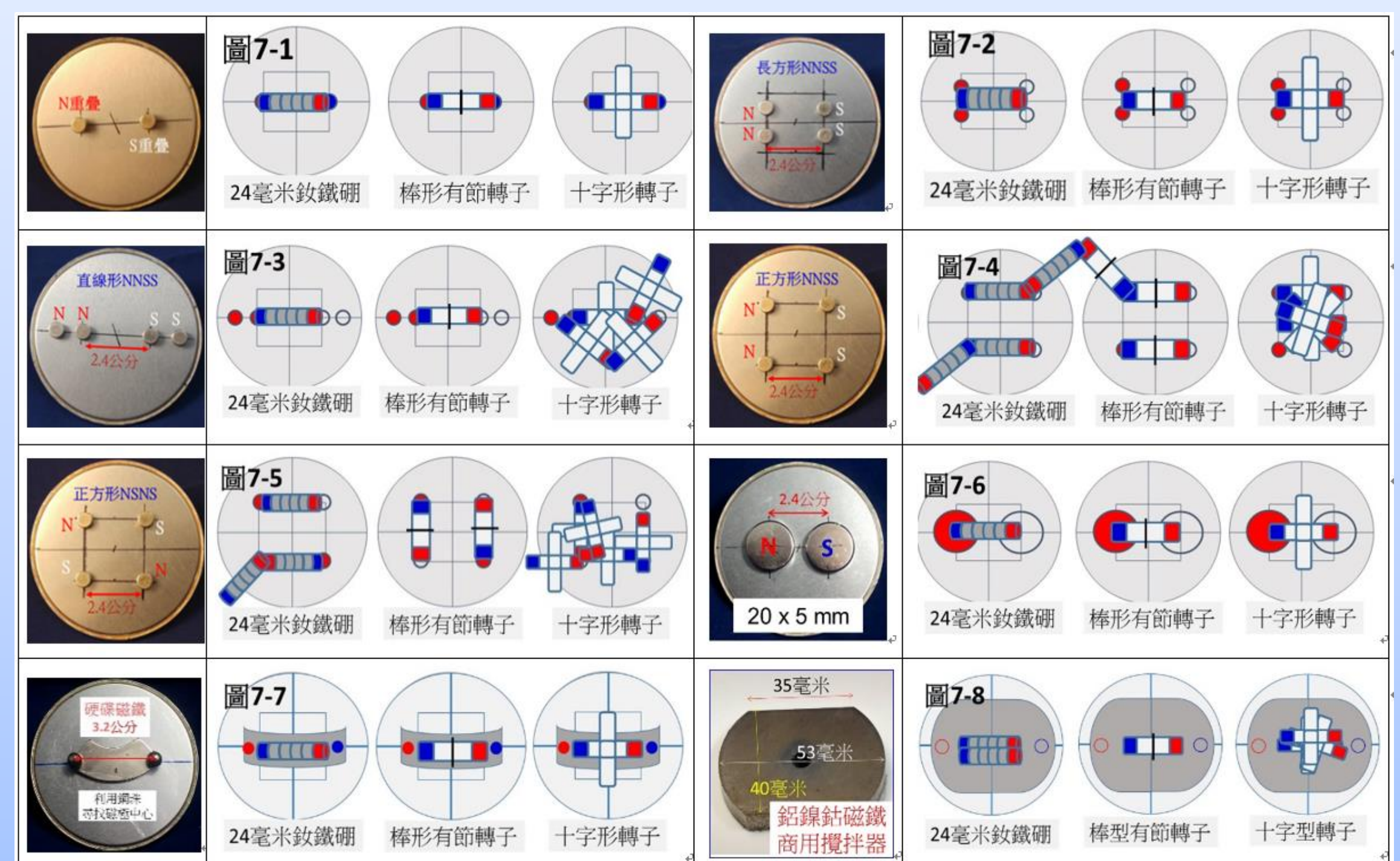


實驗一、觀察磁鐵種類、磁力與磁場對攪拌子穩定運轉可能產生的影響

【實驗1-1】各種不同磁鐵的磁力線觀察實驗



【實驗1-2】本研究各種磁鐵排序的轉盤與攪拌子吸附實驗



【實驗1-3】各式磁鐵與攪拌子在不同氣隙磁吸鐵粉的磁力觀察實驗

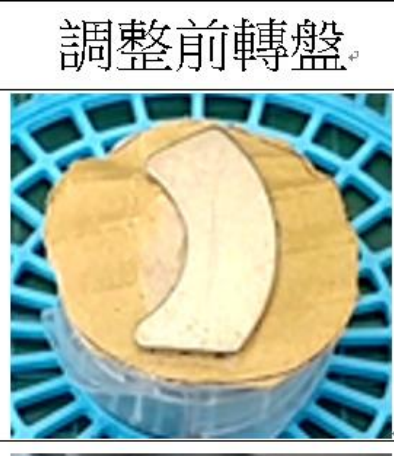



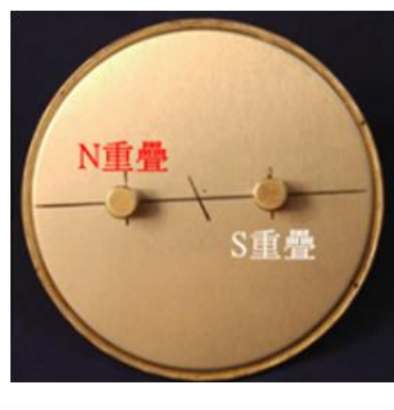
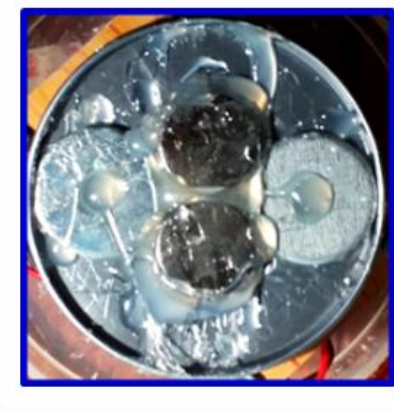
磁鐵	6x4	20x2	20x5	硬碟磁鐵	鋁鎳鈷	棒形有節	橄欖形	十字形	24
氣隙	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米	毫米
2毫米	2.91	11.48	34.09	22.07	104.8	0	1.54	0	11.12
9毫米	0	0.37	15.10	3.61	22.17	0	0	0	0
剩餘%	0	3.2%	44.3%	16.4%	21.2%	0	0	0	0

註：氣隙：磁鐵與鐵粉之間的距離。把(9毫米距離吸鐵量)除以(2毫米距離吸鐵量)等於(剩餘%)。

伍、「電磁攪拌器製作參考指引」

- (一) **馬達**：使用資源回收的馬達，可利用**增加轉盤的重量**來增加馬達的負載，達到平穩加速及減速的目的。
- (二) **轉盤與磁鐵**：圓盤上的磁鐵NS兩磁極或磁場必須**通過轉盤中心**，若使用兩顆直徑2公分或3公分、厚度0.5公分的鈹鐵硼磁鐵，NS極相吸形成長度4到6公分的磁鐵，可使2.5公分長的各式商用攪拌子非常穩定的旋轉。
- (三) **攪拌子長度**越長越不穩，配合上述兩點建議，攪拌子長度在4公分以下可穩定。
- (四) **轉盤磁鐵與攪拌子的距離**影響很大，設計的機台最好可以方便**調整機台高度**。

利用「製作參考指引」修改攪拌器

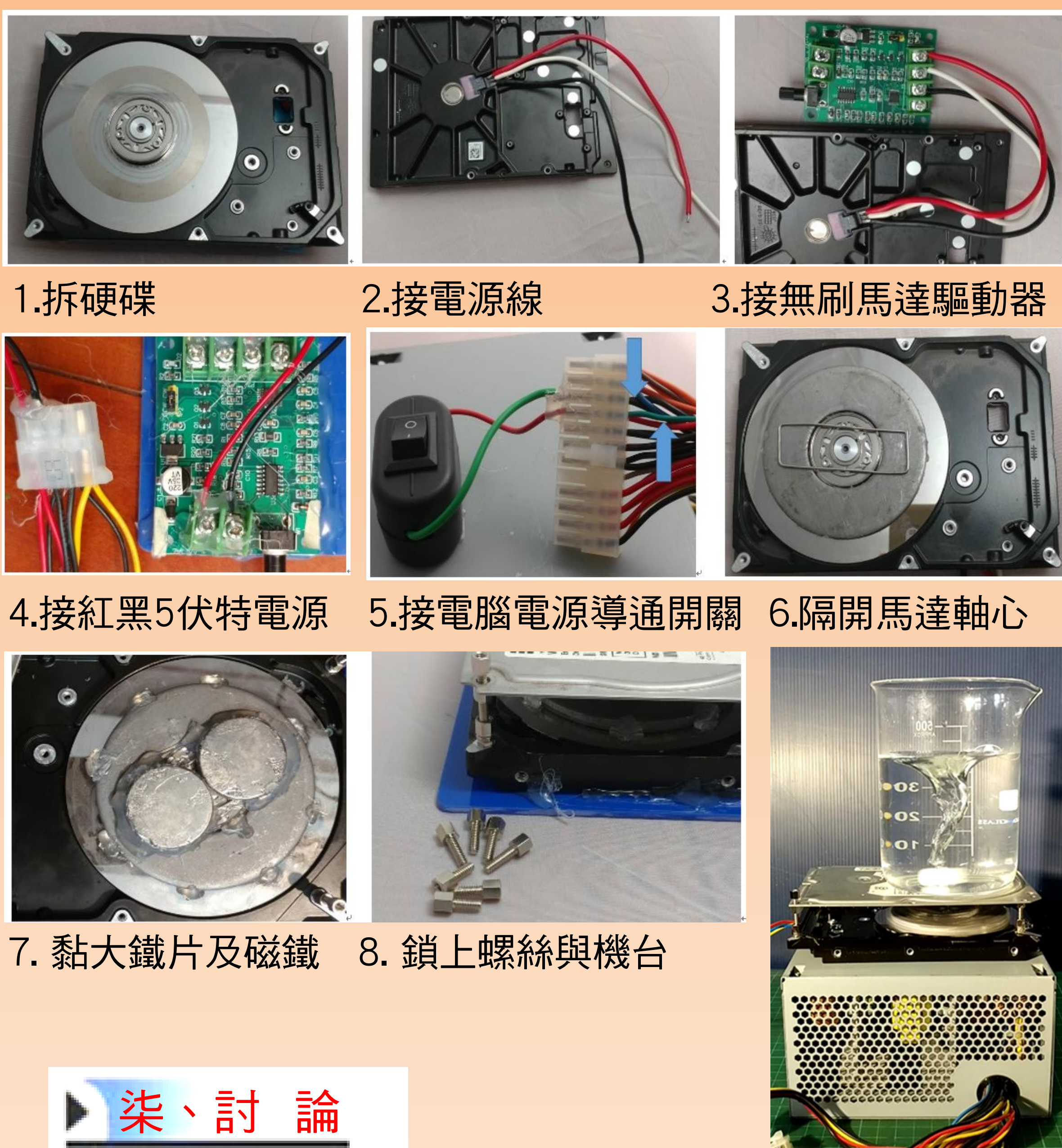
	調整前轉盤	調整內容	調整後轉盤	成果展示影片
回收小風扇攪拌器		(1).2 顆 20 X 5 mm 鈹鐵硼磁鐵。 (2).轉盤重量增加鐵片 187 公克。		 (片長3分鐘) 研究成果影片連結 https://reurl.cc/L3g59e
回收電腦散熱風扇攪拌器		(1).2 顆 30 X 5 mm 鈹鐵硼磁鐵。 (2).轉盤重量增加鐵片 187 公克。		
實驗用機台		(1).2 顆 20 X 5 mm 鈹鐵硼磁鐵。 (2).轉盤重量增加鐵片 12 公克。		

本研究四部攪拌器馬達參數比較

	馬達電壓	最高轉速 RPM	體積/mm
實驗小馬達	1.5-3 伏特	8,000	Ø 21 x 25
硬碟馬達	5 伏特	7,200	Ø 32 x 15
小風扇馬達	5-9 伏特	8,000	Ø 40 x 8
電腦散熱馬達	12 伏特	/	Ø 40 x 25

Ø=直徑

陸、製作神奇超距力攪拌器



柒、討論

- 一、基本款商用電磁攪拌器市價約五千元台幣。家中廢棄電腦若送至回收場，回收價一百元。若拆下電源供應器及硬碟製作電磁攪拌器，其餘拿去回收，還值六十元。
- 二、**馬達與轉盤的重量(負載)**：轉盤的重量與馬達加速與轉速有關，適度增加轉盤重量可以有效降低加速度及轉速，使攪拌子更穩定旋轉。
- 四、**杯子與燒杯**：杯底下凹不利旋轉。
- 五、**磁鐵轉盤上的磁鐵**：磁鐵大小與兩磁極的距離會影響攪拌子的穩定度，轉盤上磁鐵磁極的長度略大於攪拌子較穩定。
- 六、**攪拌子形狀**：三種商用攪拌子，結果都顯示**橄欖形**優於**棒形有節**優於**十字形**。
- 七、**攪拌子長度**越長越不穩定。攪拌棒長度與造成之漩渦：攪拌棒長度越長，所形成漩渦口徑越大，如下圖。

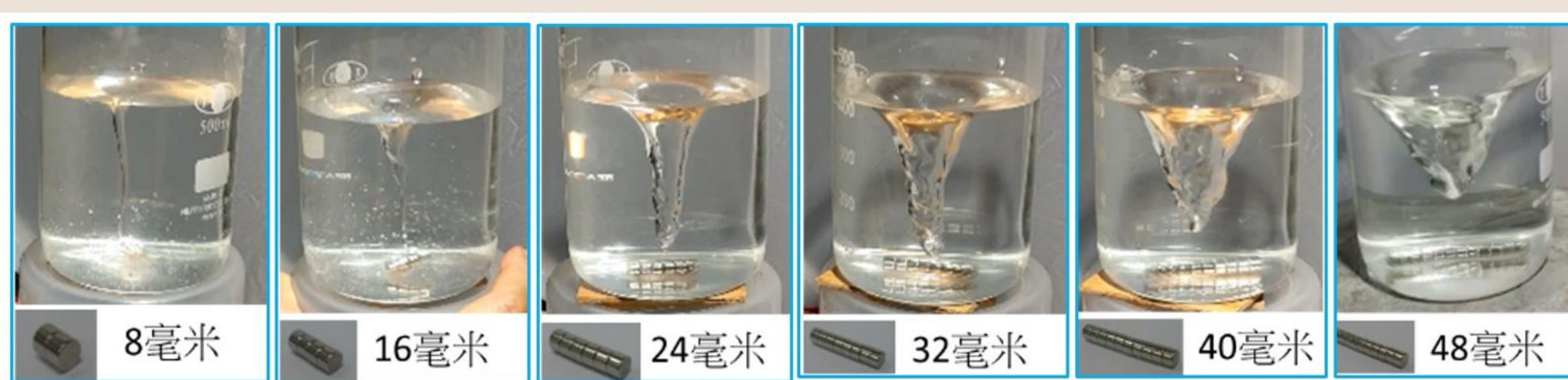


圖 15. 各種長度磁鐵攪拌棒造成之漩渦，越長漩渦口徑越大。

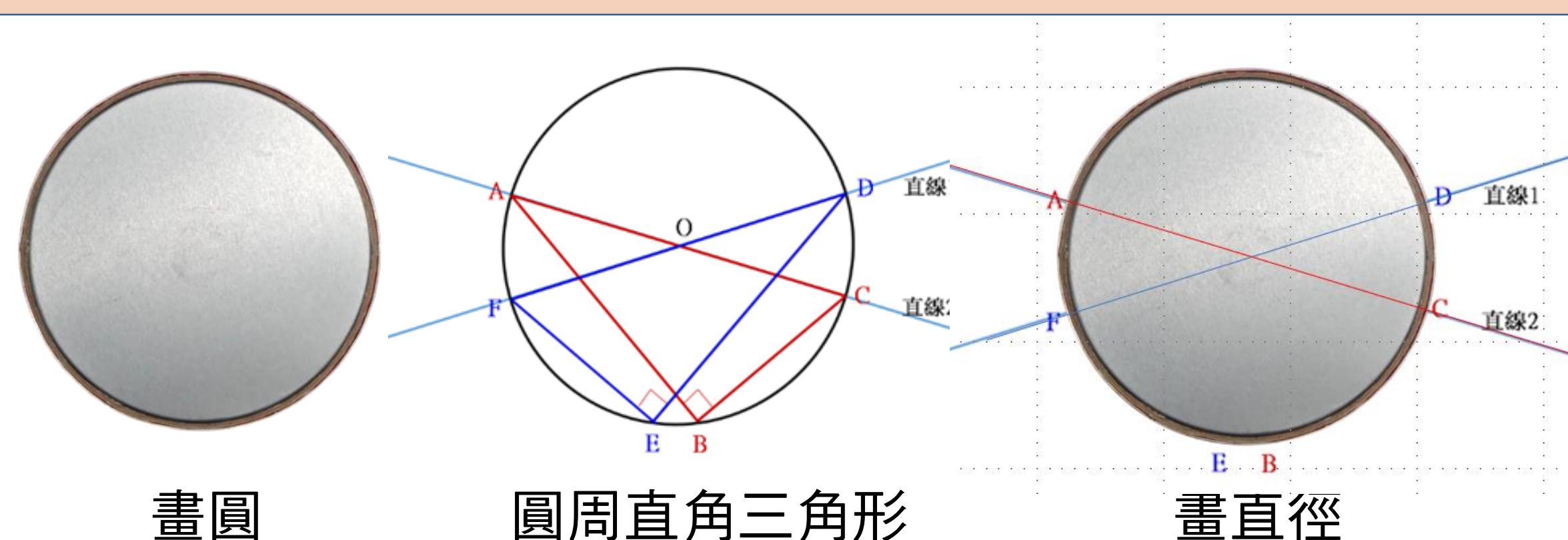
八、**攪拌子材質**：使用**軟磁鐵(無磁性的鐵棒)**亦可穩定運轉，不一定要使用磁鐵當攪拌子。基於**衛生考量**，使用商用攪拌子較方便且安心。

九、**轉盤上的磁鐵與機殼平台的間隔**會直接影響攪拌效果。

十、**本研究使用的轉盤演變與比較**

第一代		轉盤上的磁鐵磁力小重量輕、轉盤重量輕或無轉盤、馬達轉速高且加速快： 使用商業攪拌子會完全失速。
第二代		重疊或加大轉盤上的磁鐵磁力、無特別增加轉盤的重量： 起動時稍穩，但因馬達加速太快而瞬間脫速。
第三代		使用鐵片加重轉盤重量、加大轉盤上磁鐵與距離，拉長磁極的中心，用意是希望長的攪拌子也可穩定旋轉： 起動時尚穩、中速尚佳、高速不穩，4 公分磁鐵攪拌棒可以順利運轉，但是短攪拌子穩定性反而下降。
第四代		增加轉盤重量，將加大的磁鐵 NS 極吸附在一起： 加速穩定、磁力可以配合加速及轉速，非常穩定，電源開最大，不用調整馬達轉速，高轉速也很穩定。

十一、轉盤中心與磁極中心



捌、結論

實驗一：研究電磁攪拌器的基本原理：磁鐵、磁力與磁場

- (一) **磁力線觀察**：電磁攪拌器轉盤上的磁鐵必須同一面有N極和S極。可使用在同一面有NS極的大磁鐵或是2顆NS極在不同面的磁鐵，NS黏貼在轉盤上。
- (二) **磁鐵轉盤上磁鐵排序與攪拌子吸附的情形觀察**：轉盤磁鐵NS極連線必須通過轉盤圓心為最佳。
- (三) **磁鐵磁吸力觀察**：距離對磁力的影響很大。商用攪拌子的磁力很微弱。商用機的旋轉磁鐵體積大、面積大，除了可以有效吸附攪拌子，也可使馬達穩定加速。

實驗二：利用自製電磁攪拌器來研究各項變因對攪拌子穩定運轉的影響

- (一) **旋轉盤上磁鐵排序**對攪拌子穩定運轉的影響：轉盤上磁鐵NS極或磁場連線必須通過轉盤圓心。
- (二) **旋轉盤上磁鐵大小**對攪拌子穩定運轉的影響：轉盤上磁鐵的面積大，可以更穩定的吸附攪拌子，但是必須搭配適當的氣隙，避免磁力過大造成摩擦力過大。馬達加速或轉速較大時，也需要較大的磁鐵搭配。
- (三) **旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離**對攪拌子穩定運轉的影響：距離對磁力有很大的影響。設計電磁攪拌器時，轉盤與攪拌子的距離必須實際測試調整，磁力越大間隔要越大。因此機台的設計最好能方便調整高度。
- (四) **攪拌子長短**對攪拌子穩定運轉的影響：選擇適當的轉盤與適當的氣隙，**攪拌子越長旋轉越不穩定**，攪拌子的長度越長，所形成的漩渦開口越大。
- (五) **攪拌子形狀**對攪拌子穩定運轉的影響：商用攪拌子的旋轉穩定度：**橄欖形 > 棒形有節 > 十字形**。

未來進一步研究構思與方向：

磁浮是近幾年的熱門話題，我們也曾思考過：有沒有可能將磁浮的概念運用在電磁攪拌器上。

攪拌子的旋轉方向，若是可以像洗衣機一樣正轉逆轉，攪拌的效率是否會更好。

總結論：

網路訊息真真假假，需要求證。利用回收資源製作電磁攪拌器，利用**增加轉盤的重量提高馬達的負載**，可以**降低馬達的加速度及轉速**。搭配厚度0.5公分、直徑2或3公分的磁鐵，NS並排相吸形成長度4到6公分長的磁鐵轉盤，再調整旋轉盤上磁鐵與攪拌子的距離，**可使2.5公分長的各式商用攪拌子非常穩定的旋轉**。利用回收的電腦硬碟及電源製作電磁攪拌器，除了馬達與外殼精細度很高很安靜之外，重心很低很穩很安全。能夠資源再利用，不僅環保，也有如百戰天龍男主角馬蓋先化腐朽為神奇的成就感。

玖、參考資料

- [1]. 國小自然【三上 / 第一冊】單元2 生活中有趣的力。臺北市，南一出版社。
- [2]. 國小自然【三上 / 第一冊】第二單元 奇妙的磁鐵。臺南市，翰林出版社。
- [3]. 國小自然【三上 / 第一冊】第二單元 神奇磁力。新北市，康軒出版社。
- [4]. 國小自然【四下 / 第四冊】第四單元 奇妙的電路。新北市，康軒出版社。
- [5]. 林弘恩、許森富(2018)。非接觸式磁性攪拌器。小論文。台南市。
- [6]. 電磁攪拌器(2018年3月12日)。維基百科，自由的百科全書。取自：<https://reurl.cc/exkgqx>
- [7]. 直流馬達(2019年5月16日)。維基百科，自由的百科全書。取自：<https://reurl.cc/qd4be0>
- [8]. Darren Tan (2016)。自製電磁攪拌機。YouTube。取自：<https://reurl.cc/E7gRaK>
- [9]. Fanny Magnet (2016年11月25日)。How to Remove a Neodymium Hard Drive Magnet From Its Bracket Simple Easy Hack。YouTube。取自：<https://reurl.cc/OoWwDk>
- [10]. DIY 先生 (2017年6月17日)。教你如何讓磁鐵的磁力消失(高溫消磁) High temperature degaussing experiment。YouTube。取自：<https://reurl.cc/pd9ZnQ>
- [11]. 居禮點(2020年2月21日)。維基百科，自由的百科全書。取自：<https://reurl.cc/arxD0D>
- [12]. 海南島民(2018年10月30日)。教你如何利用磁鐵，給螺絲刀消磁和充磁，方法簡單一看就會，很實用。YouTube。取自：<https://reurl.cc/xZWqGe>
- [13]. Weird beer (2011)。Fo's \$15 Stir Plate Build - How To Make A Solderless Stir Plate 3。YouTube。取自：<https://reurl.cc/pd9ZnQ>
- [14]. 林宜安 (2018年10月4日)。磁化的原理。YouTube。取自：<https://reurl.cc/4Rl9lR>
- [15]. Magnet Expert Ltd, 2020, Temperature effects on permanent magnets Retrieved from <https://reurl.cc/Ooy3eb>
- [16]. 2020 Dura Magnetice, Inc. 5500. Magnetic and Physical Characteristics Retrieved from <https://reurl.cc/b5yvoM>

