

2023 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】
高中(職)組 成果報告表單

題目名稱:「渦」愛喝「煞」士—探討不同變因對於磁煞車的影響

一、摘要

本實驗主要先進行磁鐵和鋁板在不同距離下對磁煞車的煞車效果之影響, 隨後在不同距離的基礎下進行同距離同磁鐵數量但不同的磁鐵排列方式對煞車效果的影響, 以及同距離不同磁鐵數量以平分圓心角的方式排列對煞車效果的影響。實驗結果顯示, 剎車效果會隨磁鐵和鋁板之間的距離增加而減弱。排列方式則是以(60度,120度,60度,120度)的方式為最佳排列, 但尚未找出最佳方案。磁鐵個數方面, 剎車效果隨磁鐵個數增加而增加, 但3個和4個磁鐵的剎車效果非常接近, 推斷再更多磁鐵的話也不會造成明顯的影響。

二、探究題目與動機

在和同學一起搭高鐵前往台北比賽的路上, 我們發現每每高鐵即將進站時, 列車總能在極短的時間與距離內將時速接近300公里的列車煞車至靜止, 完美地將列車對準月台, 這激起了我們的好奇心, 高鐵究竟是利用何種煞車系統使列車大幅降速? 若是以摩擦力抵銷動能, 難道不會生成大量熱能, 造成機具受損嗎? 經過資料查詢, 我們發現高鐵之煞車系統包括利用「磁煞車」的原理減速, 藉由渦電流與電流磁效應降低馬達轉速。這樣的現象引起了我們的興趣, 於是我們決定進行實驗, 模擬高鐵的磁煞車裝置, 並探討不同變因對磁煞車效果的影響。

三、探究目的與假設

目的:

- (一)探討金屬板與磁鐵在不同距離下磁煞車效果
- (二)探討磁鐵的不同排列方式對於磁煞車效果之影響
- (三)探討磁鐵個數對於磁煞車效果之影響
- (四)找出最佳的磁鐵組合以達到最佳的剎車效果

假設:

- (一)在不同距離下, 煞車效果應該會隨著磁鐵和鋁片的距離增加而逐漸減少, 達到一臨界值時煞車效果便不會有影響。
- (二)在不同的排列情況下, 應該會以四等分圓心角(90度,90度,90度,90度)的排列方式煞車效果最好。
- (三)在不同磁鐵數量的情況下, 煞車效果會隨著磁鐵數量增加而變好, 且達到一個極限值後便不會再有明顯的影響。

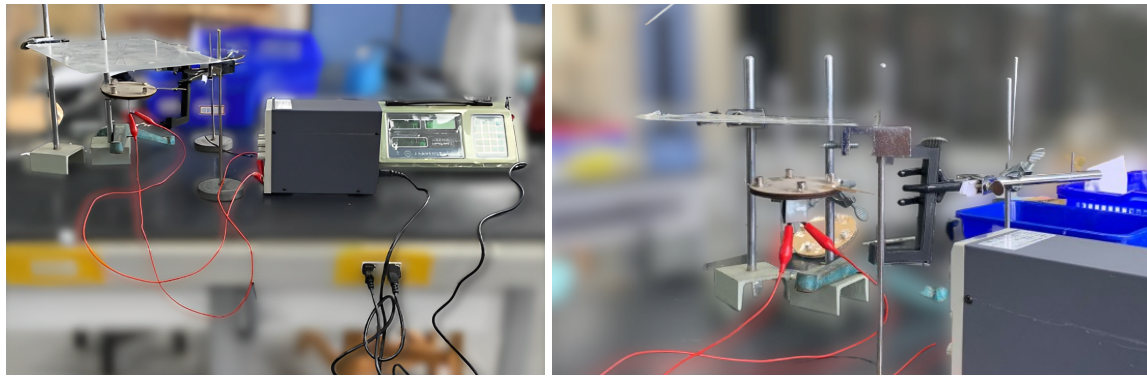
實驗原理:

經過文獻探討後, 由冷次定律, 磁場有變化時, 將會產生抵抗磁場變化的感應磁場, 此感應磁場和原磁場相反, 兩者會產生吸引的作用力, 且此感應磁場也會產生一感應電流, 即為渦電流。因此, 欲使一片運動中的金屬板停下, 只需讓它通過磁場, 產生感應電流, 造成感應磁場, 即會產生吸引的力量使之停下。

四、探究方法與驗證步驟

實驗器材:

強力磁鐵×4、木板、光電計時器、光電閘、電源供應器、馬達、鋁板、鐵架、鐵夾、鱷魚夾、黏貼工具、牙籤、白紙



(圖一)實驗裝置圖

實驗步驟：

(一)實驗1—探討金屬板與磁鐵在不同距離下磁煞車效果

步驟1-1: 將4個強力磁鐵同極朝上以間隔90度固定於木板上, 並將木板中心鑿洞, 用熱熔膠將馬達固定於木板上。如圖(一)

步驟1-2: 將馬達固定於鐵架上, 接上電源供應器, 並固定電壓1.5V、電流1.40A。

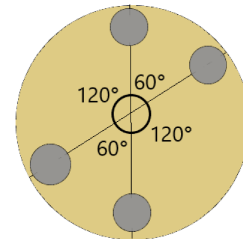
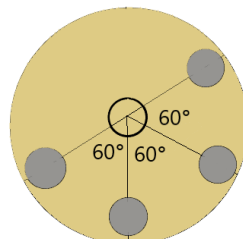
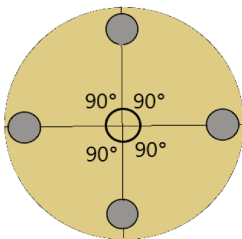
步驟1-3: 固定光電閘, 並連接光電計時器。

步驟1-4: 將木板固定於鐵架上, 並確保木板通過光電閘。

步驟1-5: 改變鋁板與木板之距離, 以光電計時器分別記錄木板5秒內轉動圈數並分析。

(二)實驗2—探討磁鐵的不同排列方式對於磁煞車效果之影響

步驟2-1: 將實驗1的裝置的磁鐵同極朝上, 並將磁鐵間間隔改為(90度,90度,90度,90度)(如圖二)、(60度,60度,60度,180度)(如圖三)、(60度,120度,60度,120度)(如圖四)等排列方式。



(圖二)90度,90度,90度,90度 (圖三)60度,60度,60度,180度 (圖四)60度,120度,60度,120度

步驟2-2: 固定鋁板與木板之距離, 以光電計時器分別記錄木板5秒內轉動圈數並分析。

(三)實驗3—探討磁鐵個數對於磁煞車效果之影響

步驟3-1: 將實驗1的裝置的磁鐵改為4個、3個、2個、1個。

步驟3-2: 為了預防轉動圈數被轉盤質量影響, 在轉盤上添加等重量的螺帽, 使每次測量轉盤質量皆與4個磁鐵時質量相同。

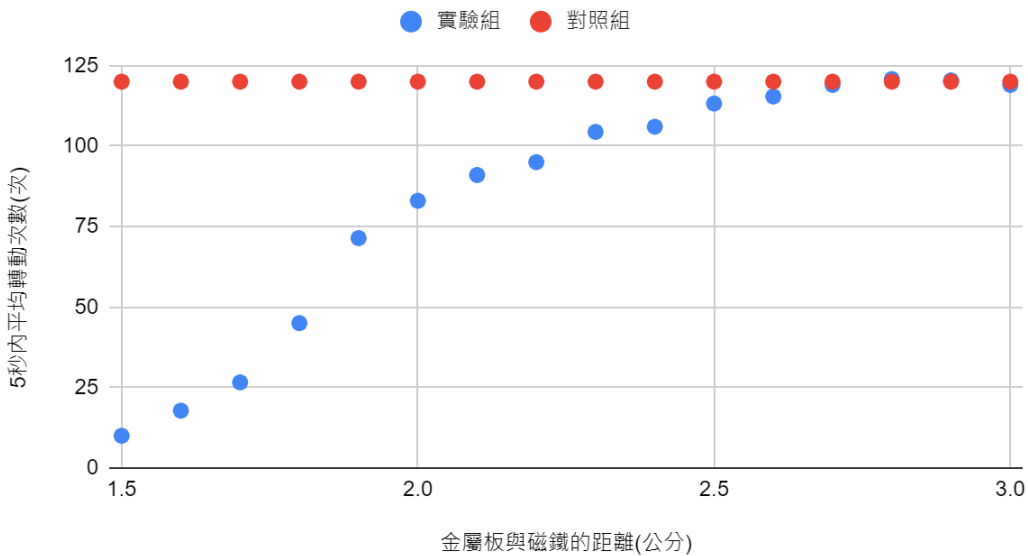
步驟3-3: 固定鋁板與木板之距離, 以光電計時器分別記錄木板5秒內轉動圈數並分析。

實驗結果：

實驗1: 探討金屬板與磁鐵在不同距離下磁煞車效果

對照組: 無金屬板時, 即煞車效果為0時之5秒內平均轉動次數: 120次

5秒內平均轉動次數對金屬板與磁鐵距離關係圖

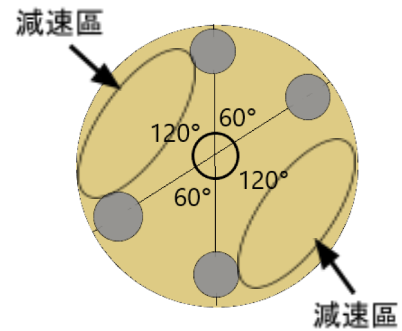
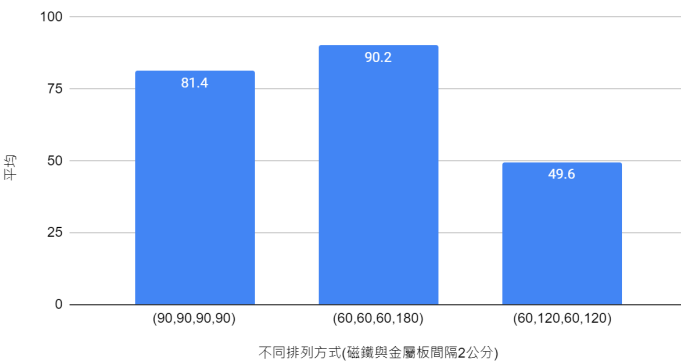


(圖五)5秒內平均轉動圈數對金屬板與磁鐵的距離散布圖

由上圖可明顯發現，平均轉動圈數隨磁鐵與金屬板的距離變大而上升，亦即煞車效果下降，符合實驗前假說。觀察數據點之趨勢，可發現當金屬板與磁鐵距離小於2.5公分時，轉動圈數受金屬板與磁鐵距離的影響較大，而當金屬板與磁鐵距離2.5公分以上時，轉動圈數已無明顯變化且趨近於對照組之數據，可知距離在2.5公分以上時煞車效果已趨近於0。

實驗2: 探討磁鐵的不同排列方式對於磁煞車效果之影響

磁鐵排列方式對5秒內平均轉動圈數長條圖



(圖六)磁鐵排列方式對5秒內平均轉動圈數長條圖

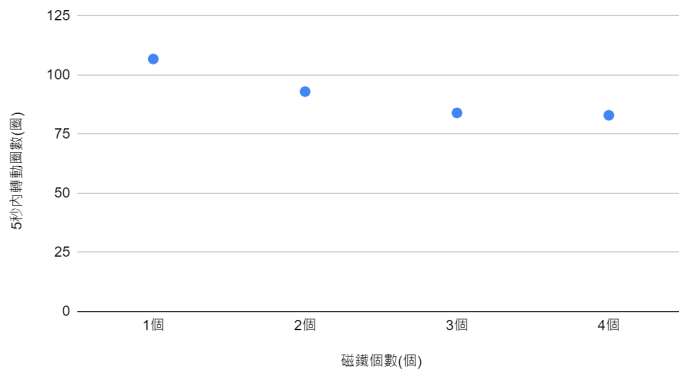
由此圖可明顯發現，(60度,120度,60度,120度)之轉動次數明顯最低，即剎車效果優於其餘兩組。而(60度,60度,60度,180度)的煞車效果為三組中最差。此實驗中未針對更多角度間隔組別進行實驗，因此尚未能找出最佳的磁鐵排列方式使煞車效果最大化，未來可針對更多組別進行研究，並找尋磁鐵排列方式與煞車效果之關係。

討論：為何(60度,120度,60度,120度)的磁通量時變率會最大？

推論：推測在2個磁鐵中間間隔120度時，其中間的磁通量時變率會達到最大，進而達到最好的煞車效果。推測兩個磁鐵在相同轉速時，相隔120度與180度時的磁通量變化相差不大但在(60度,120度,60度,120度)那組的實驗數據有兩個區域可以進行減速，因此其剎車效果最佳。至於(90度,90度,90度,90度)那組在整個圓盤上的磁通量為前後左右對稱分布，所以為三組中的折衷排列方案。

實驗3: 探討磁鐵個數對於磁煞車效果之影響

5秒內轉動圈數對磁鐵個數散布圖



(圖六)5秒內平均轉動圈數對磁鐵個數散佈圖

由上圖可發現，隨著磁鐵個數增加，轉盤轉動的圈數明顯下降，意即磁煞車之效果增強。觀察數據點可知，4個磁鐵與3個磁鐵所測量之轉動次數幾乎相同，可以推測若再增加磁鐵個數，磁煞車效果應不會有太顯著的改變，此於未來實驗中可進一步進行探討與驗證。

五、結論與生活應用

從實驗結果可以得知鋁板和磁鐵的距離越近，煞車效果越好。排列方式則以(60度,120度,60度,120度)的方式排列測量出的煞車效果最佳，和實驗前所做出假設有所差異。至於磁鐵的數量以數量越多煞車效果越好，但3個和4個磁鐵測量出的數據兩者之間相差無幾。所以推斷，其煞車效果可能已經到達一個臨界值。以上實驗結果可實際應用於生活中的磁煞車系統，優化其煞車效率，並減少不必要的能量損耗。

未來可針對磁鐵個數對煞車效果之影響是否具有臨界值、排列方式有沒有比(60度,120度,60度,120度)更好的組合等做更深入的研究，完整找出最佳方案達到使剎車效果最大化的方法。

參考資料

1. 渦電流;渦流| 科學Online - 國立臺灣大學
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=74352>