

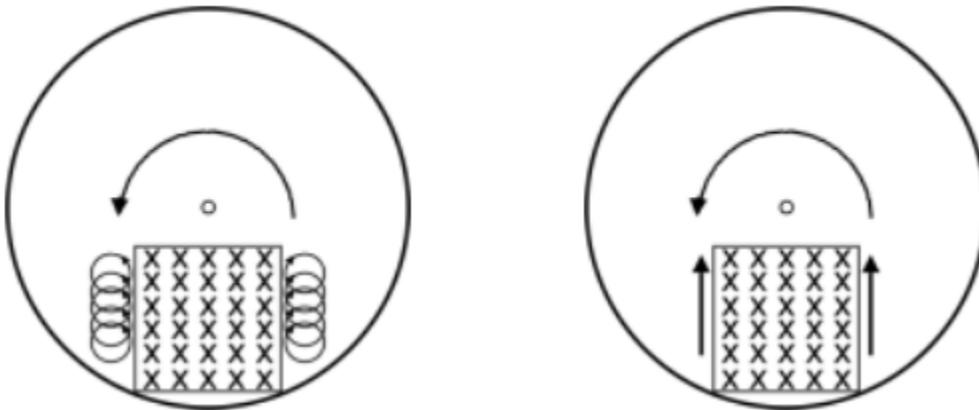
2025年【科學探究競賽】
國中組 普高組 技高組。

題目：電磁煞車-神奇的磁場
一、摘要 使用馬達帶動不同材質及重量的圓片，使用強力磁鐵給予磁場。根據法拉第電磁感應定律，金屬片轉動時會切割磁力線。 在金屬片內部磁通量變大產生感應磁場，產生跟金屬片相反的力，造成電磁煞車的現象。
二、探究題目與動機 當設計與研究電磁煞車系統時，了解其工作原理與影響因素至關重要。因此，本實驗的動機在於： 1.探討電磁煞車的工作機制：透過實驗分析電磁場與導體之間的相互作用，了解渦電流如何產生制動力，進而影響運動物體的減速效果。 2.驗證影響煞車效能的因素：不同的磁場強度、導體材質、速度等因素都可能影響電磁煞車的效能。本實驗希望透過調整這些變數，找出其對煞車力的影響程度。 3.應用於實際工程：電磁煞車廣泛應用於高鐵、電梯、遊樂設施等系統。本實驗希望為後續改進設計提供理論依據，提升其效能與安全性。 4.提供無接觸制動的參考：與傳統摩擦式煞車相比，電磁煞車具有無磨損、低維護的優勢。本研究期望驗證其潛在優勢，並探討可能的應用場景。
三、探究目的與假設 探究目的： 1.解析制動原理：瞭解電磁煞車中磁場與導體間產生渦電流的基本機制，以及該現象如何轉換為制動力。2.探討影響因素：分析磁場強度、導體材質、運動速度等變數對制動效能的影響，找出各變數與制動力之間的關係。3.評估效能優勢：與傳統摩擦式煞車比較，驗證電磁煞車在無接觸、無磨損、低維護需求等方面的優勢，並探討其在實際工程應用中的潛力。 研究假設： 1.磁場強度假設：當施加在電磁煞車系統上的磁場強度增加時，產生的渦電流也會隨之增大，從而增強制動效果。2.導體材質假設：不同導體材質（例如鋁、銅、鐵等）因其電導率與磁滯特性不同，會導致制動效能存在顯著差異，其中電導率較高的材質預期能產生較大的制動力。3.運動速度假設：在一定範圍內，當運動物體的初始速度提高時，產生的渦電流及對應的制動力也會隨之增加，但可能存在臨界速度，超過此值後制動效果的增幅趨於飽和。
四、探究方法與驗證步驟

- 1.觀察系統之運作方式，並提出問題(ex.是什麼原因使轉動的鐵片停止)
- 2.提出假設(ex.通過金屬片的磁力線數目產生的感應電流方向和金屬片運動方向相反，達到煞車效果)
- 3.設計並進行實驗
- 4.蒐集、分析數據，並用excel製表
- 5.結論&反思
- 6.探討此裝置對未來的影響及應用

感應渦電流:

根據楞次定律(Lenz's Law):一導線圈在磁場中運動時,導線圈內所產生的感應電動勢的方向,乃欲使該線圈所產生的感應電流能夠抵抗磁通量的改變。本電磁煞車裝置中金屬圓盤的任一部分可視為無限多線圈的集合,當圓盤轉動時,進入與離開電磁鐵磁場範圍之導體部分,將產生出一感應電動勢(如圖所示)。此圖為圓盤上感應電流之整體效應,進入磁場之電流方向為向上,而離開磁場之電流方向亦為向上。



實驗步驟:

步驟一: 換上金屬片



步驟二: 調整測速器



步驟三: 使馬達帶動金屬片空轉, 使其達到

步驟四: 移除馬達並將磁鐵沿軌道靠近鐵片

穩定速率

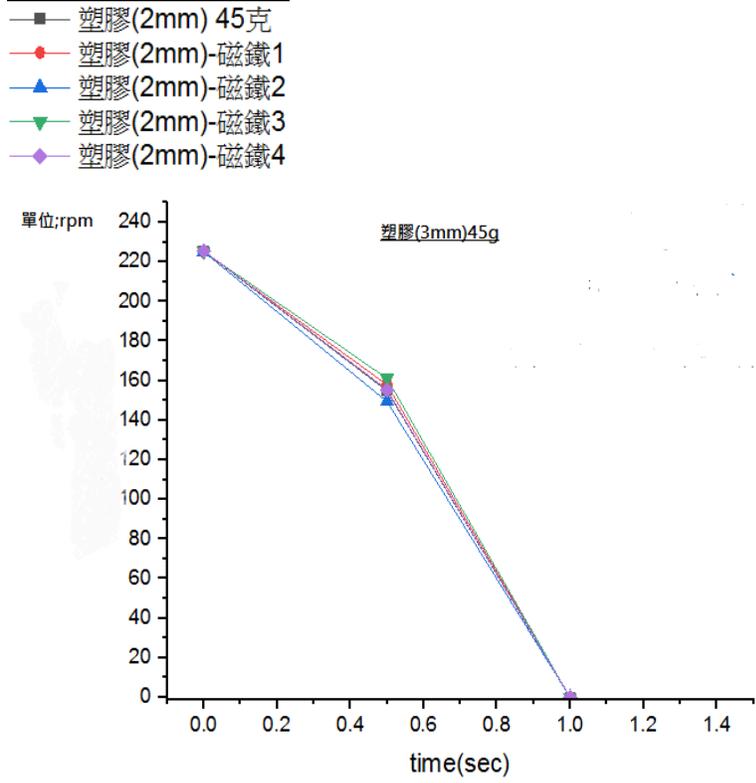


使鐵片停止轉動

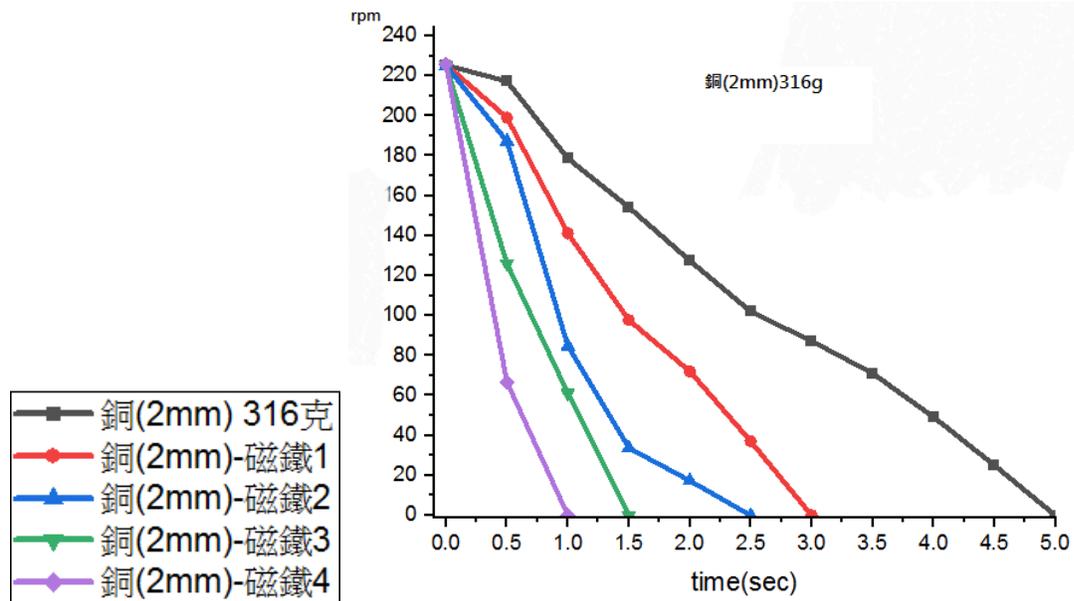


步驟五:測量數據

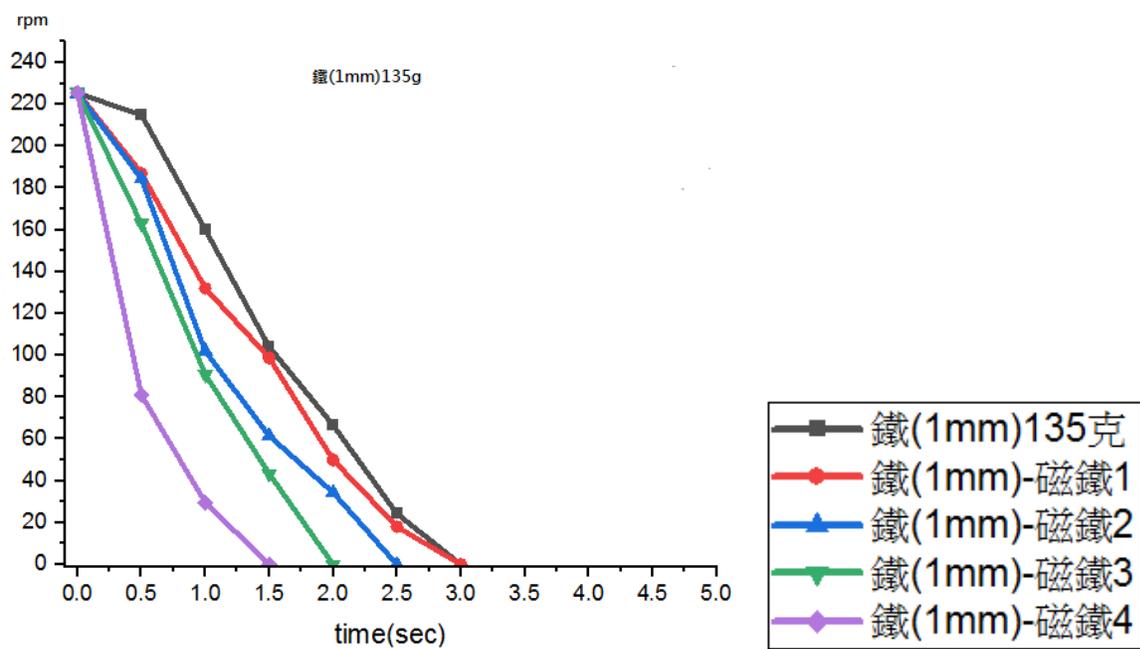
1. 塑膠(3mm):在經過不銅磁場時幾乎無改變,原因為塑膠無磁場感應。



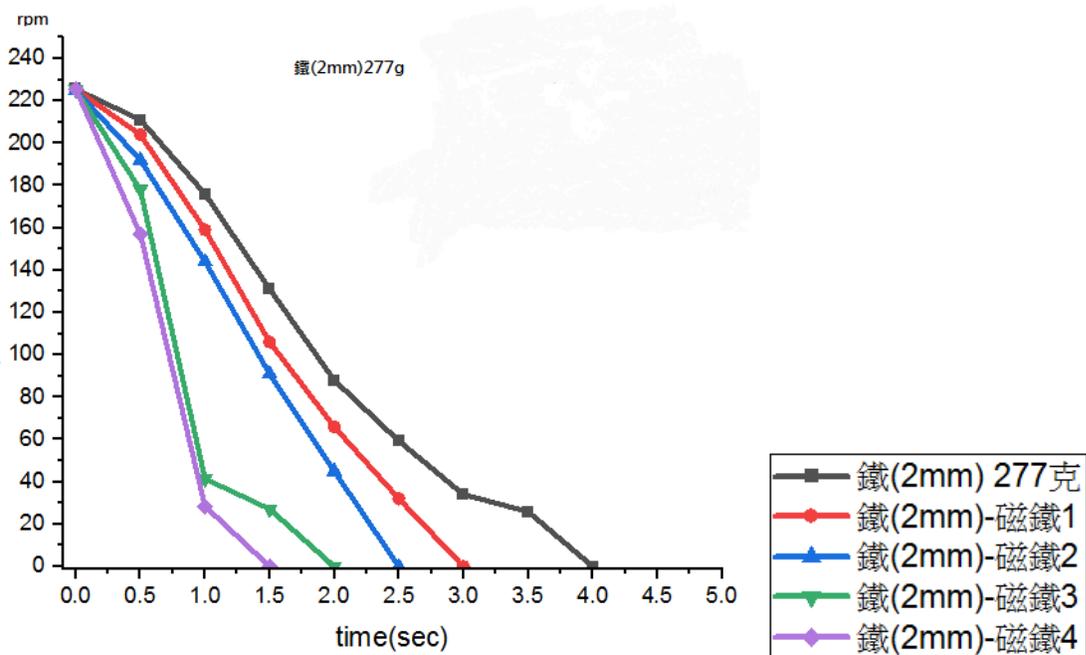
2.銅(2mm):透過磁鐵減速最大可以減少80%的停止時間，為五種材質改善百分比最佳者



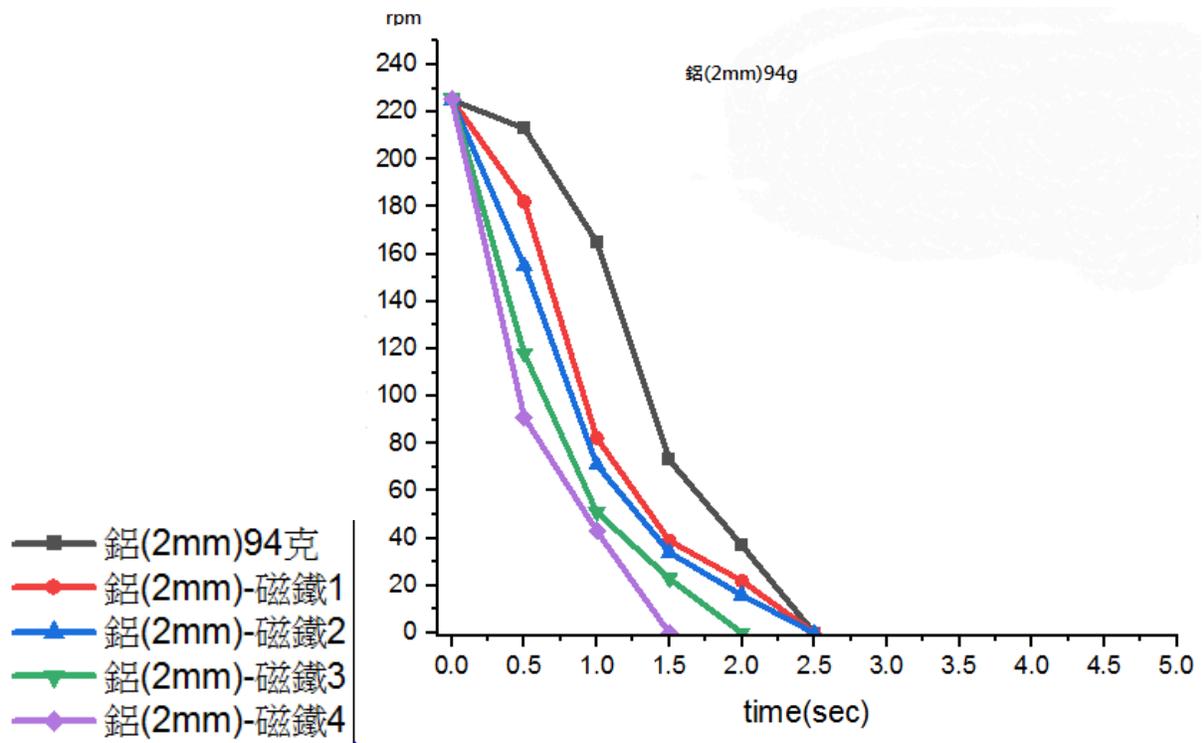
3.鐵(1mm):在經過磁場時最大可以減少50%的停止時間。



4.鐵(2mm):在經過磁場時最大可以減少62.5%的停止時間



5. 鋁(2mm):在經過磁場時最大可以減少60%的停止時間



材質	無磁鐵	磁鐵1x	磁鐵2x	磁鐵3x	磁鐵4
銅316克 (2mm)	5	4	3	2	1
鐵277克 (2mm)	4	5	5	4	5
鐵135克 (1mm)	3	3	4	5	3
鋁94克 (2mm)	2	2	2	3	4
塑膠45克 (3mm)	1	1	1	1	2
結論	質量輕的先停	銅因磁應開始減速	銅因磁感持續增強煞車	銅因磁感應持續增強煞車	*銅因強磁感應最先停

實驗結果: 煞車停止時間與重量成負相關, 與磁感應成正相關。實際停止時間為兩者的加成效應。

五、結論與生活應用

Q.同樣的成果可以應用到生活哪些領域?

結論:這個電磁煞車的原理在日常生活中也很常見,像是車輛的煞車系統,也會用這個原理來輔助,做完實驗讓我們更了解其中的運作原理,對生活中的科學有進一步的認識。

參考資料

圖解電磁學:從概念到應用,鞏固理工基礎的82堂課

作者:山崎耕造;2024-11-27

電磁學原理

Field and Wave Electromagnetics Adapted Ver. 2/e;Cheng;Pearson;2016/07

升降機電磁煞車制動器之危害淺析

<https://www.cima.org.tw/expert/blog202107-28/>

伺服馬達 電磁剎車的構造及壽命

<https://www.orientalmotor.com.tw/tw-zh/tech/reference/servo-motor05>

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會參展作品專輯

<https://twsf.ntsec.gov.tw>{中華民國第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書}