

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：電磁軌道砲原理探討與與驗證

一、摘要

電磁軌道砲是利用兩根軌道之間所形成的強磁場與流經電樞的電流相互作用，產生強大的電磁力，推動電樞從導軌之間發射出去。我們相關的材料，製作出電磁軌道砲的發射模型，在實驗過程中發現使用的電流大小有一定區間，過大的電流會使軌道融化導致無法發射，電流過小會導致推力不夠無法發射，此外若在軌道上加裝外加磁場時，子彈的材質不能為磁性物質

二、探究題目與動機

我們在網路上看到有關電磁軌道砲的影片。他利用電與磁和一些簡單的材料，最後使一塊金屬材質的子彈在短時間內達到了很快的速度，我們不經懷疑影片的真實性，透過資料搜尋了解到此裝置為電磁軌道砲的雛型。我們想進一步分析其運作原理，並透過實作的方式探討電磁軌道砲是否有相關工作條件限制

三、探究目的與假設

目的:

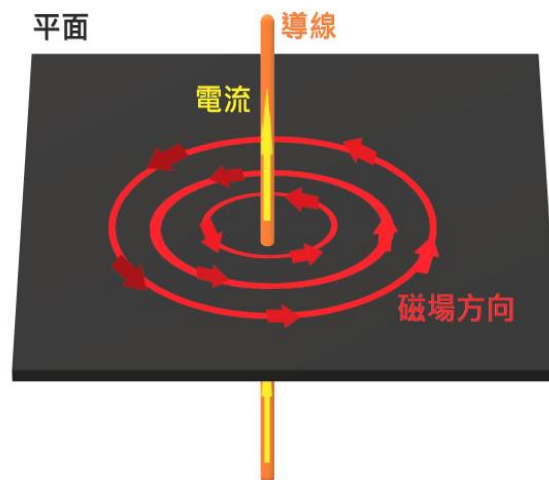
- 利用自製電磁軌道砲來了解其工作原理與相關工作條件限制

四、探究方法與驗證步驟

實驗流程:

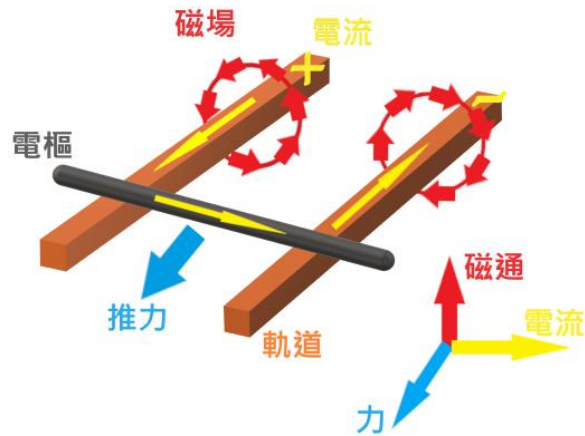
一.了解並學習電磁軌道砲運原理

如圖一所示，依據電流磁效應及安培右手定則，當軌道通電時從流進電流的方向看會產生同心圓順時針磁場，磁場大小會隨著與導線的距離增加而遞減。



圖一：電流磁效應(同心圓)

如圖二所示，左邊軌道為正極流入會產生順時針旋轉的磁場，而右邊軌道為負極流出會產生逆時針旋轉的磁場。兩個軌道中間為可導電且能滾動的電樞，通電時，依據弗萊明左手定則，利用軌道提所供外的加磁場，使電樞可因為推力向前滾動。



圖二：電磁軌道砲原理分析圖

二.實驗器材(如表一所示)

表一:使用器材

材料	用途	數量
PY-10 人型立牌架	軌道製作	一組
絕緣膠帶	隔絕銅箔與鋁製立牌	一捲
10mm 銅箔膠帶	軌道製作	一捲
電線與鱷魚夾	連接軌道與電源	兩組
DPC-3030DQ 直流電源供應器	電源	一個
2mm 玩具車輪軸	電樞、子彈	一個
450V330uF 電解電容	加強瞬間提供的電劉	四顆
單刀開關	開關	一組
鱷魚夾電線	導電	適量
圓型釹鐵硼超強力磁鐵	加強外加磁場	適量
鋁箔紙	電樞、子彈	適量

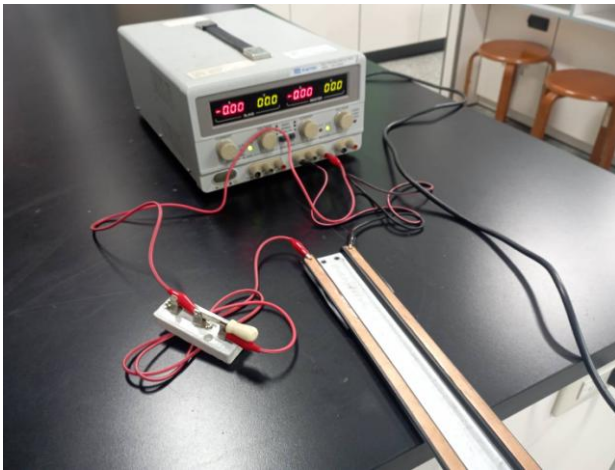
三.實驗步驟:

- 1.取直徑 2mm 的金屬棒作為電樞
- 2.水平放置軌道並接上電源
- 3.通電後放上鋁箔紙捲，觀察是否移動
- 4.若可移動便增加電流，觀察移動是否加快

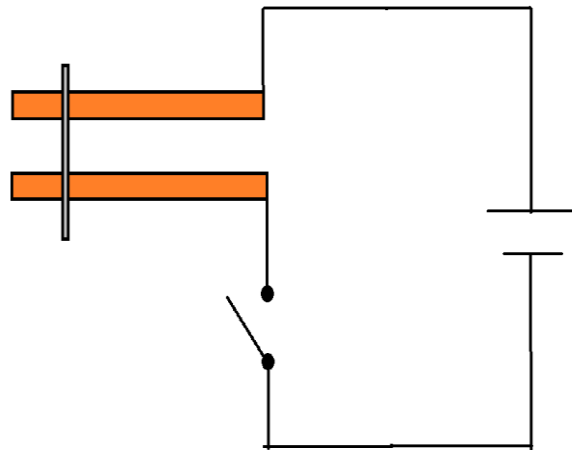
四.模型製作與改進

● 第一代軌道砲(圖三):

- 1.實驗草圖:如圖四所示



圖三:第一代軌道砲模型



圖四:第一代軌道砲草圖

2.模型製作:

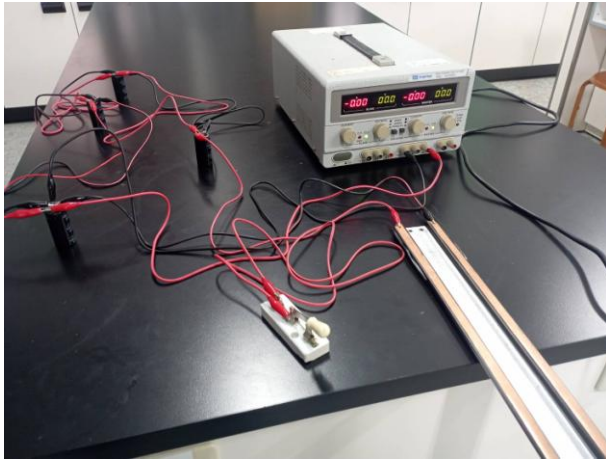
- (1).將立牌上的殘膠刮除並沿著兩邊突起部分貼上絕緣膠帶
- (2).取兩段適當長度銅箔膠帶分別覆蓋在沿絕緣膠帶上
- (3).用鱷魚夾連接兩條銅箔與電源正負極
- (4).開啟電源並放上鐵棒便可開始實驗

3.實驗結果討論:

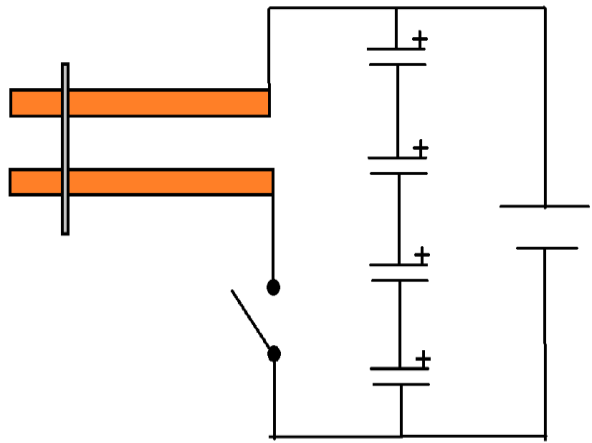
實驗中我們發現，不管電源供應器提供電流大小多少皆無法使軸承產生滾動。其中在測試時，發現在輪軸沿軌道滾動時開啟電源，不管電流大小皆會產生明顯減速(甚至停止)且伴隨陣陣火星。我們懷疑是電流大小不足導致軌道提供的推力不夠，以至於無法推動輪軸前進

● 第二代軌道砲(圖五):

- 1.實驗草圖:如圖六所示



圖五:第二代軌道砲模型



圖六:第二代軌道砲草圖

2.模型製作:

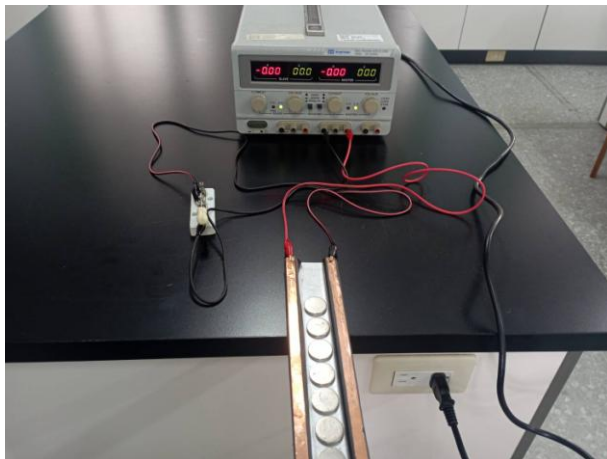
- (1).重複第一代軌道砲製作步驟
- (2).於軌道砲與電源的線路間並聯四顆電容

3.實驗結果討論:

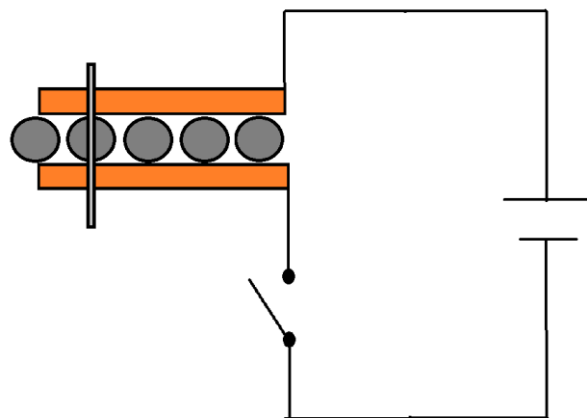
電容因具有瞬間放電的效果，在極短時間內，可以放出極大的電流。在實驗中我們發現放電後，發現輪軸並未移動，且輪軸被固定於軌道上，觀察過後，發現輪軸與軌道接觸面出現少許融化，我們猜測應該是因為接觸面很小，導致電阻增加，在高電流通過時便會產生高溫使其融化黏住，並推測第一代的火星應該也是同樣道理。我們懷疑不能動的原因可能為軌道提供磁場強度不夠導致推力不足，但也不能增加電流，最終我們決定加裝外加磁場製作第三代軌道砲

● 第三代軌道砲(圖七):

1.實驗草圖:如圖八所示



圖七:第三代軌道砲模型



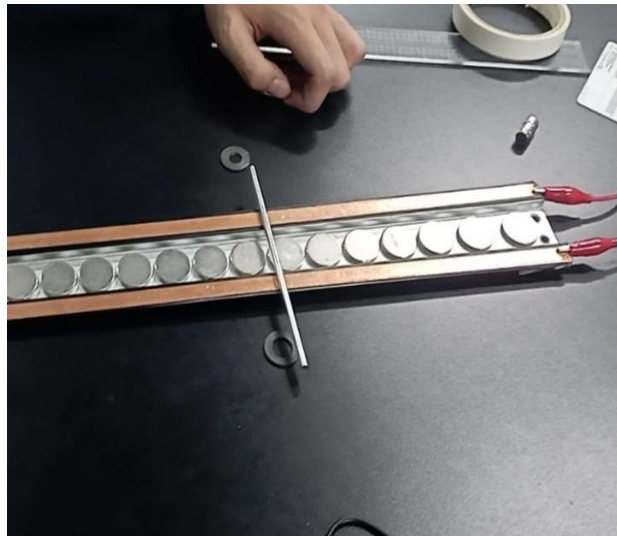
圖八:第三代軌道砲草圖

(避免電樞被磁鐵吸住故圖八中材質改為 2mm 鋁箔紙捲)

2.模型製作:

(1).重複第一代軌道砲製作步驟

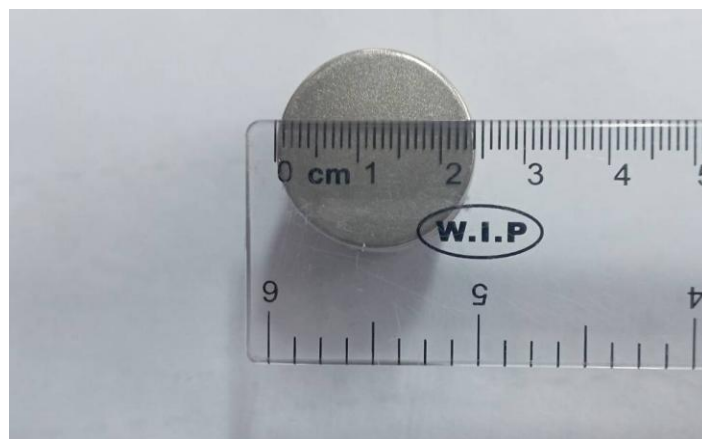
(2).將圓型釹鐵硼超強力磁鐵(同極同方向)並列於軌道間排放



圖九:最終軌道砲模型

3.實驗結果:

透過錄影測量及藉由磁鐵直徑(圖十)推估，我們得知通電後鋁箔紙捲出現明顯加速且最終以 5.5 至 6.0cm/s 左右速度滾動



圖十:磁鐵直徑長長度(cm)

五、結論與生活應用

結論:

在實驗過程中我們了解到使用的電流大小有一定區間，過大的電流會使軌道融化導致無法發射，電流過小會導致推力不夠無法發射，且外加磁場需夠大才能推動子彈。此裝置若能完善有幾個優點:可由電力控制開關、距離短力量大、改變正負極或磁鐵 NS 極可改變電樞移動方向

生活應用:

可能可應用於釘槍的發射裝置中或未來電動汽車的加(減)速器

參考資料

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=47&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&=1&sid=5536>

第 50 屆全國中小學科展作品(電磁砲)-葉華于

<https://youtu.be/NJRDclzi5Vg>

Science behind Railgun, ElectroBOOM Style