

2023年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：

一、摘要

我們藉由收集學校廢電扇的線圈，搭配一個可固定電壓，藉由電容快速放電的線路，探討廢電扇的線圈能否廢物利用製作電磁炮，並且設計一個可量化發射力量的實驗，並初步討論線圈粗細與發射力量的關係，有趣的是，其結果與預想不同。

二、探究題目與動機

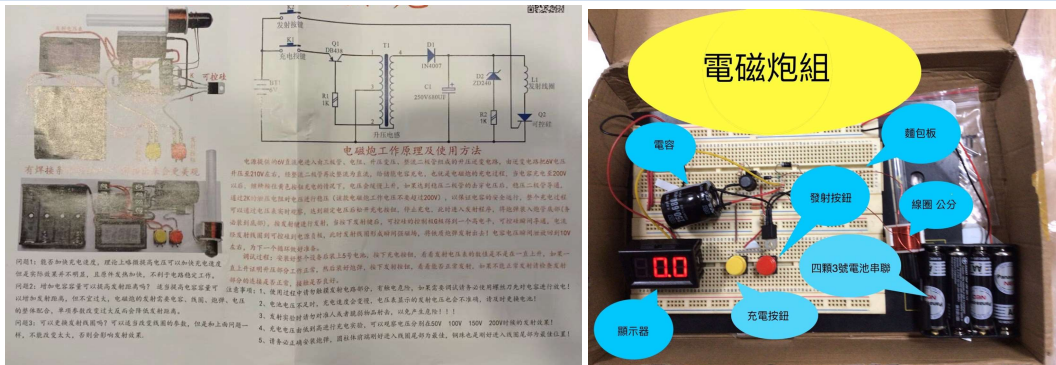
我們發現學校有很多不要的電風扇，因此想要把它重新應用，我們發現電風扇裡的馬達有非常多的線圈，因此我們突發奇想，想好好利用一下，做了線圈炮，就跟它的名字一樣要用到滿多線圈。

三、探究目的與假設

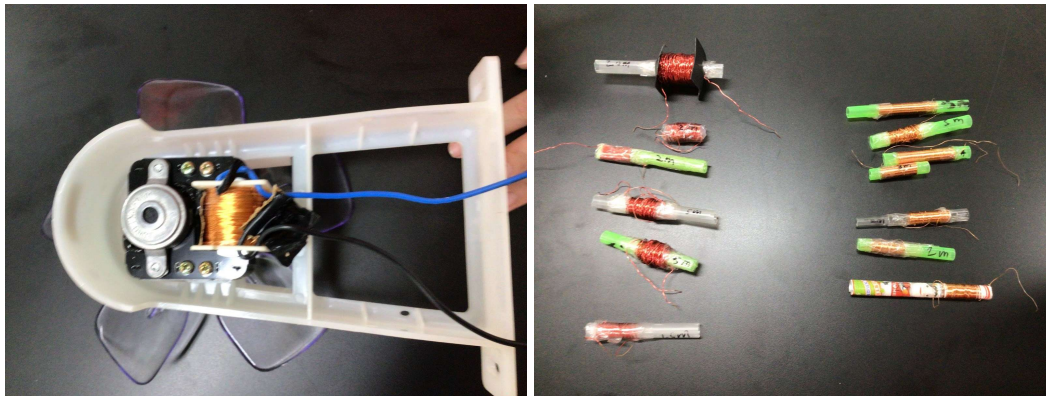
曾經在學校的教具裡看過漆包線圈，但是因為比較細，感覺能產生的力量有限，不能達到我們希望能有足夠發射力量的目標；而學校廢電風扇裡的線圈線徑很粗，感覺上發射力量可以比較強，我們首先希望能驗證**粗線圈可以有較強的發射威力**，另外我們也希望能驗證若將**線圈重疊繞成兩倍，威力會變兩倍嗎**？假如可以，我們希望可以做出威力非常強大的線圈炮來發射火箭，這樣比較不會有空氣污染。

四、探究方法與驗證步驟

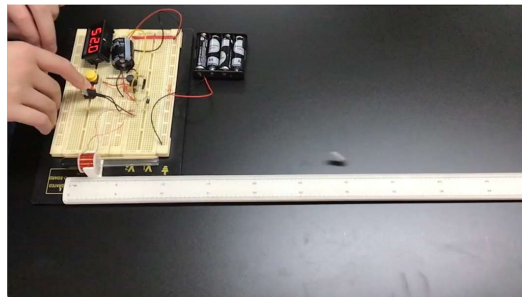
1. 用網路上可以找到的資料以及套件製作 (出處)
2. 了解它的運作原理
3. 將範例的線圈換成電扇線圈、或是其他粗細的漆包線、或是不同的纏繞方法
4. 設計能找出發射動能的實驗 (觀察前進距離，換算出離開炮口速度，再利用動能方程式 $1/2mV^2$ 計算發射動能，m為炮彈質量)
5. 驗證假設是否正確：電磁炮圈數、整齊度與發射力量正相關，較輕炮彈離開炮管速度較高等等。



圖一 電磁炮原理及其組裝產品

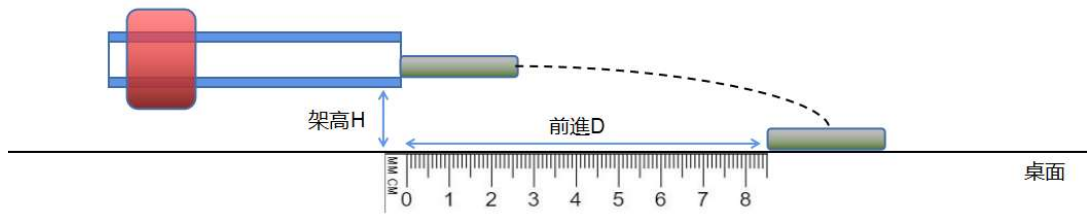


圖二 廢電扇線圈以及各種不同纏繞線圈試驗品



圖三 藉由錄影格放判定砲彈落點

由前進距離計算出口速度 V



$$\text{下落時間} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$V = D / \text{下落時間}$$

$$\text{例：下落時間} = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.01m}{9.8m/s^2}} = 0.045s$$

$$V = D / \text{下落時間} = 0.4m / 0.045s \approx 8m/s$$

圖四 由砲彈前進距離推算砲彈離開出口之初速度

五、結論與生活應用

所進行之實驗結果如下表1

表一 所進行之電磁炮發射實驗結果

編號	1	2	3
線的來源(線徑)	電扇(0.45mm)	電扇(0.45mm)	基本(0.2mm)
砲管材質	塑膠	玻璃	玻璃
砲彈重量(g)	5	5	5
電壓(V)	50	50	50
落地距離(cm)			
第一次實驗	15	25	40
	25	20	65
	27.5	15	40
	25	35	44
			50
平均	23.13	20.00	48.33
標準差	5.54	8.54	10.45
誤差	24%	43%	22%
時間(s)	0.0495	0.0495	0.0495
速度(cm/s)	467.29	404.15	976.68
動能(J)	0.0546	0.0408	0.2385

藉由比較實驗1與2，不同砲管材質，但使用同一線圈，對於出口動能有影響，塑膠比玻璃砲管摩擦力較小，因此砲管不宜於實驗過程中更換。就由比較實驗2與3，出乎意料的是較粗的線圈反而出口動能較低，一番思索後，察覺雖然漆包線長度與圈數控制一致，但較粗的線圈其長度較長，研究參考資料資訊，其有說明線圈作用在砲彈上之力在線圈前半部為推力，而後半部為拉力，因此前半部加速後的慣性較後半部抵銷之後即為其增加的動能；而電磁炮的放電，理想情形下在加速過線圈中線後即放電完畢，因此就沒有拉力減速的影響。較粗的線圈其線圈長度較長，可能是在加速到1/4線圈長度時便放電完畢，因此電磁力作用在金屬砲彈上較少，其動能也無法拉高，故最終動能(速度)也較低。

由於時間有限，未能將諸如線圈數增加、纏繞整齊度等放入討論，然而出乎我們意料較粗線圈與放電速度的複雜交互作用讓我們認知必須多加了解砲彈在線圈內的加減速行為以及該如何控制放電速度，貿然改變線圈數可能無法達到我們預期增加威力的目標，未來希望能繼續討論此部分，將實驗設計更完備，方能解釋其現象。

目前由於可替代一般運輸方式的經濟價值受限，民生上尚未廣泛應用，但仍有以下潛在應用：

啟動車輛、飛機：航空母艦利用電磁彈射發射戰機，比傳統的蒸汽彈射效率更高

倉儲運送：倉庫長距離快速運送貨物

外星礦產：未來在外星擷取資源，離開外星輸送至太空站時，可利用電磁砲發射後輕易脫離含礦產之小型星球引力，在接近收集站時靠火箭或是站內電磁感應減速

參考資料

維基維基百科：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/線圈砲>

【Fun科學】超·電磁砲(噴飛的硬幣)

<https://www.youtube.com/watch?v=sKcbIM1ayts>

【創作DIY】How to make a coilgun!最簡單的電磁線圈砲!

<https://www.youtube.com/watch?v=nZ9uGMrZ6x4>

註：

1. 報告總頁數以6頁為上限。
2. 除摘要外，其餘各項皆可以用文字、手繪圖形或心智圖呈現。
3. 未使用本競賽官網提供「成果報告表單」格式投稿，**將不予審查**。
4. 建議格式如下：
 - 中文字型：微軟正黑體；英文、阿拉伯數字字型：Times New Roman
 - 字體：12pt為原則，若有需要，圖、表及附錄內的文字、數字得略小於12pt，不得低於10pt
 - 字體行距，以固定行高20點為原則
 - 表標題的排列方式為向表上方置中、對齊該表。圖標題的排列方式為向圖下方置中、對齊該圖