

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】  
普高組成果報告格式

題目名稱：為什麼它射的那麼遠？\_\_\_\_\_ 電磁線圈砲

一、摘要

本次實驗為研究電磁線圈砲中的電容容量與電壓對於子彈射出距離的關係，因此分別做在不同電容容量下子彈射程的實驗和在不同電壓下子彈射程的實驗，從實驗中平均數散佈圖的趨勢線斜率為正數，了解電容容量與電壓數值皆與子彈射出距離成正相關，若比較兩個實驗中平均數散佈圖的趨勢線斜率關係，改變電容容量的趨勢線斜率比改變電壓數值的趨勢線斜率更小，得出改變電壓數值對於子彈射程的影響比改變電容容量的影響較強。

二、探究題目與動機

在自主學習動態報告時，聽到關於血跡噴濺的主題，使我們對於科學探究產生了憧憬，而在選擇主題從先前的血液聯想到和兇殺有關的槍械，且最近在槍械發展上也有往電磁化的方向發展，於是決定探究電磁線圈砲。

在查找資料（佑來了）時，了解電磁線圈砲主要是靠電流磁效應，電容產生電流通過線圈時，線圈會產生磁場（林秀豪），使子彈磁化而被吸引進線圈內部，當子彈即將進入線圈中心時，線圈會因為電容放電完而瞬間斷電（角落的尾刀），避免磁場將子彈拉回來，子彈離開線圈時，不再有磁場影響，子彈就會繼續沿著原方向飛出，達到發射效果，而這讓我們產生好奇，電容容量與通電的電壓數值對於子彈射出距離的關係。

三、探究目的與假設

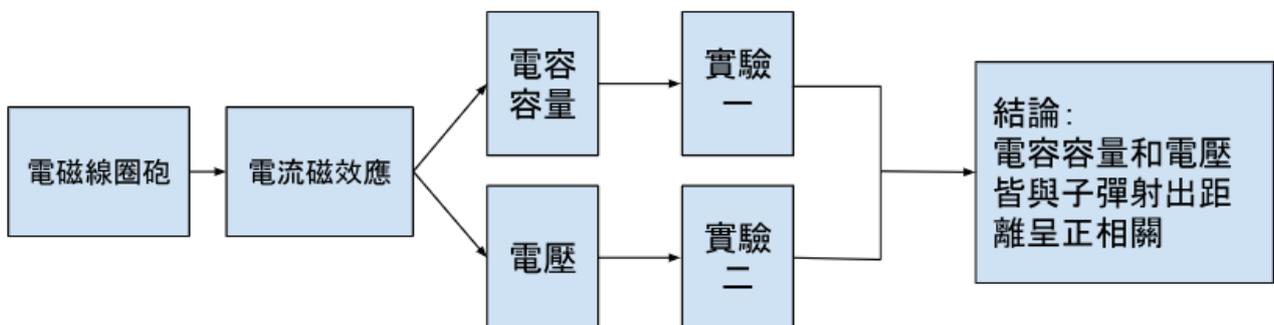
此次研究為探討不同電容容量與不同電壓對於電磁線圈砲射出的子彈距離的關係，並比較電容容量與電壓對於子彈射程的影響。

實驗假設：

- 一、不同電容容量對於子彈射出的平均距離距離的影響
- 二、不同電壓對於子彈射出距離的影響

四、探究方法與驗證步驟

一、研究架構圖：



## 二、實驗器材與架設

### (一) 實驗器材

主要材料：

線圈 (400 匝)、按鈕 (輕觸式開關)、電容 (250 $\mu$ F、1000 $\mu$ F、2200 $\mu$ F)、麵包板 \*2、1.7cm 螺絲 (子彈)、直流電源供應器 (最高電壓 30V、固定電流 5A)、香蕉插頭轉鱷魚夾連接線、電線 (數條)、砲管 (材質：透明塑膠吸管)

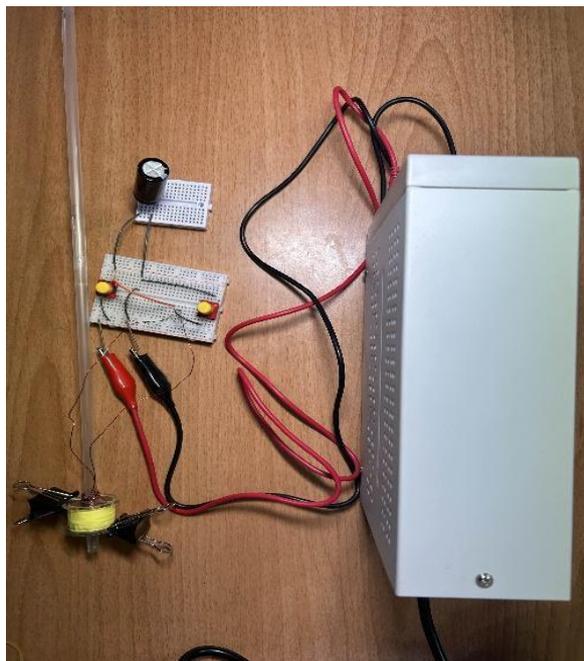
其他材料：

絕緣膠帶、長尾夾 (用來固定線圈)、尺、剪刀、三用電表 (用於測量通過電流與電壓)

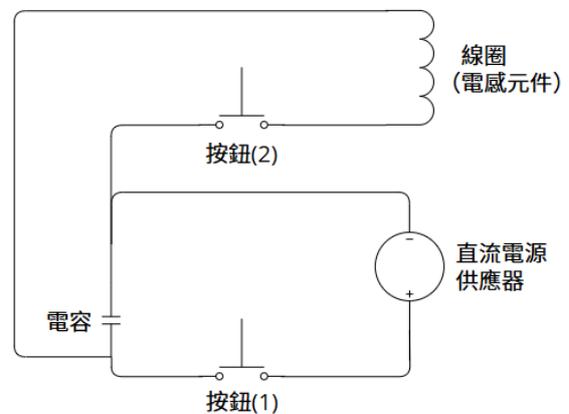
### (二) 實驗架設：

1. 將線圈用長尾夾固定兩邊，使其底部保持水平，不會滑動。
2. 利用麵包板組裝線路，並以並聯的方式連接電容。
3. 將線路分成兩區，一區負責控制電容的充電，另一區負責控制的放電。
4. 固定直流電源供應器的電流為 5 安培 (A)。

裝置設置完成圖



裝置電路圖



## 三、研究方法：

### (一) 實驗一

實驗步驟：

1. 設定直流電源供應器的電壓為 30 伏特 (V)，以香蕉插頭轉鱷魚夾連接線

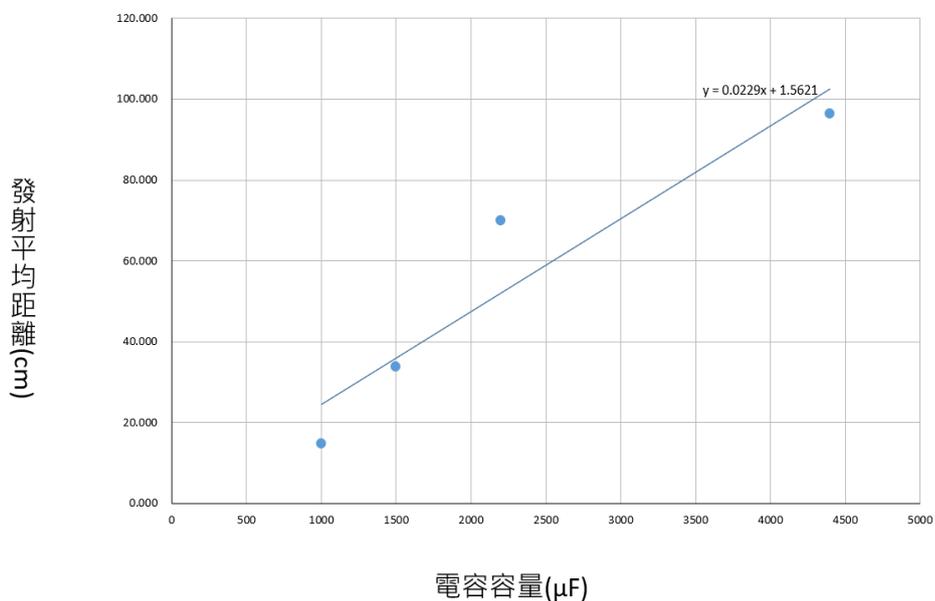
來連接直流電源供應器與裝置線路。

2. 將電容以並聯的方式連接在麵包板上 ( 容量為  $1000\mu\text{F}$  ) 。
3. 將螺絲以螺絲頭貼齊管壁刻度零的位置放入砲管中。
4. 按壓左側連接電源與電容的按鈕 ( 1 ) ，使電容充電，並計時一分鐘。
5. 一分鐘後，停止按壓按鈕 ( 1 ) ，按壓按鈕 ( 2 ) ，使電容與線圈形成通路，讓螺絲射出。
6. 最後在自製砲管中，測量螺絲頭與砲管刻度零間的距離，並記錄數據。
7. 回到第 2 點，將電容容量更改 (  $1500\mu\text{F}$ 、 $2200\mu\text{F}$ 、 $4400\mu\text{F}$  ) ，重複進行第 2 點到第 7 點。

實驗數據與散佈圖：

在 30 伏特 ( V ) 下，不同電容容量與子彈射出距離數據

| 電容容量              | test1   | test2   | test3   | test4    | test5   | average  |
|-------------------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| $1000\mu\text{F}$ | 11.01cm | 14.60cm | 27.35cm | 14.05cm  | 6.85cm  | 14.772cm |
| $1500\mu\text{F}$ | 26.48cm | 34.16cm | 42.67cm | 36.95cm  | 28.42cm | 33.736cm |
| $2200\mu\text{F}$ | 63.86cm | 78.94cm | 84.58cm | 47.90cm  | 74.70cm | 69.996cm |
| $4400\mu\text{F}$ | 96.13cm | 82.29cm | 99.21cm | 105.21cm | 99.50cm | 96.488cm |



電容容

量對子彈發射平均距離的關係 ( 平均數散佈圖 )

結果分析：

$W$  為功 ( 消耗能量 )、 $K$  為動能 ( 消耗能量 )、 $C$  為電容容量、 $V$  為電壓、 $m$  為子彈重量、 $V_1$  為子彈平均速度、 $V_0$  為子彈初始速度、 $d$  為子彈位移、 $F$  為子彈射出所受的合力、 $f_k$  為動摩擦力、 $\mu_k$  為子帶動摩擦係數、 $N$  為正向力。

電容放電公式  $W = 1/2 CV^2$  (李明憲) ;  $K = 1/2 mV_1^2$  (蔡坤憲) ;  $W = F \cdot d$  ;  $f_k = \mu_k \cdot N$  (邱世寬)

實驗中，電壓固定，故  $V = 30$  ; 子彈一開始為靜止不動，故出速度  $V_0 = 0$  ; 子彈重量為  $0.32g$ ，故  $m = 0.32g$  ; 子彈消耗能量的過程與砲管管壁進行相對滑動，管壁材質固定、子彈重量不變、所受的正向力不變，故  $k$  與  $N$  為固定數值、 $f_k$  亦為固定數值 ; 子彈在射出後消耗與電容產生的能量相同，故  $W = K$ 。因為  $W = K$ 、 $V = 30$ ，所以  $W = 1/2 C30^2 = \mu_k \cdot N \cdot d$ ，而  $f_k$  為固定數值，因此  $C \propto d$ 。

結合圖十三趨勢線 ( $y = 0.0229x + 1.5621$ ) 與推導公式 ( $C \propto d$ ) 可知，實際實驗得出的線性圖形的斜率為  $0.0229$ ， $0.0229$  為正數，實驗結果和理論推倒公式的結果皆為電容容量越高，子彈射出距離越遠。

## (二) 實驗二

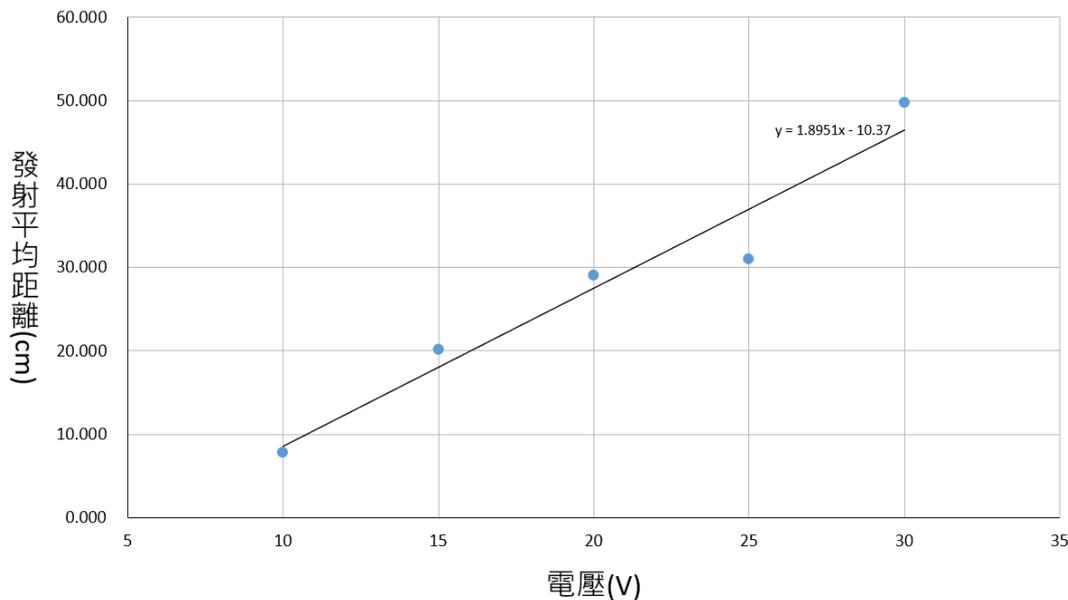
實驗步驟：

1. 將電容以並聯的方式連接在麵包板上 (容量為  $1000\mu F$ )
2. 設定直流電源供應器的電壓為 10 伏特 (V)，以香蕉插頭轉鱷魚夾連接線來連接直流電源供應器與裝置線路。
3. 將螺絲以螺絲頭貼齊管壁刻度零的位置放入砲管中。
4. 按壓左側連接電源與電容的按鈕 (1)，使電容充電，並計時一分鐘。
5. 一分鐘後，停止按壓按鈕 (1)，按壓按鈕 (2)，使電容與線圈形成通路，讓螺絲射出。
6. 最後在自製砲管中，測量螺絲頭與砲管刻度零間的距離，並記錄數據。  
回到第 2 步，將直流電源供應器的電壓更改 (15V、20V、25V、30V)，重複進行第 2 點到第 7 點。

實驗數據與散佈圖：

在  $1000\mu F$  下，不同電壓與子彈射出距離數據

| 電壓  | test1   | test2   | test3   | test4   | test5   | average  |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 10V | 9.45cm  | 8.43cm  | 8.89cm  | 4.99cm  | 7.15cm  | 7.782cm  |
| 15V | 21.35cm | 19.19cm | 15.37cm | 24.15cm | 20.59cm | 20.130cm |
| 20V | 26.69cm | 40.61cm | 28.89cm | 25.31cm | 23.71cm | 29.042cm |
| 25V | 23.52cm | 24.83cm | 23.16cm | 36.42cm | 46.88cm | 30.962cm |
| 30V | 73.99cm | 53.36cm | 47.08cm | 32.13cm | 42.16cm | 49.744cm |



電壓對子彈平均發射距離的關係 (平均數散佈圖)

結果分析：

實驗中，電容容量固定，故  $C = 1000\mu F$ ；子彈一開始為靜止不動，故出速度  $V_0 = 0$ ；子彈重量為  $0.32g$ ，故  $m = 0.32g$ ；子彈消耗能量的過程與砲管管壁進行相對滑動，管壁材質固定、子彈重量不變、所受的正向力不變，故  $k$  與  $N$  為固定數值、 $f_k$  亦為固定數值；子彈在射出後消耗與電容產生的能量相同，故  $W = K$ 。因為  $W = K$ 、 $V = 30$ ，所以  $W = 1/2 \times 1000V^2 = \mu_k \cdot N \cdot d$ ，而  $f_k$  為固定數值，因此  $C \propto d$ 。

結合圖十三趨勢線 ( $y = 1.8951x - 10.37$ ) 與推導公式 ( $C \propto d$ ) 可知，實際實驗得出的線性圖形的斜率為  $1.8951$ ， $1.8951$  為正數，實驗結果和理論推倒公式的結果皆為電壓越高，子彈射出距離越遠。

## 五、結論與生活應用

一、 實驗結論：

根據本次實驗結果，由實驗一  $y = 0.0229x + 1.5621$  ( $y$  為子彈發射的平均距離、 $x$  為電容容量) 和實驗二  $y = 1.8951x - 10.37$  ( $y$  為子彈發射的平均距離、 $x$  為電壓)，由兩實驗的趨勢線斜率  $0.0229$  與  $1.8951$  皆為正數，可知電容容量與子彈射出距離成正比以及電壓與子彈射出距離成正比。

此外，將散佈圖的趨勢線斜率作比較，由  $0.0229 < 1.8951$ ，可知操縱電容容量的趨勢線斜率比操縱電壓的趨勢線斜率較小，因此電壓的變動對於子彈射出距離的影響較為顯著。

二、 生活應用：

在未來軍事應用中，武器採用與此次電磁線圈砲相關的電磁化技術時，若是要提高槍械的子彈射出距離，應該著重在提高武器承受的電壓數值，因為由實驗結果可知，和增加電容容量

相比，增加充電時的電壓數值更有助於提高子彈的射程。

### 參考資料

佑來了(2019年8月22日)。**【Fun 科學】超·電磁砲(噴飛的硬幣)**。YouTube。

[https://youtu.be/sKcblM1ayts?si=bQR\\_Fu5FmXA3Fq-Y](https://youtu.be/sKcblM1ayts?si=bQR_Fu5FmXA3Fq-Y)

林秀豪(2023)。**選修物理 IV (全) 電磁現象一**。龍騰文化事業股份有限公司。

林秀豪(2023)。**選修物理 V (全) 電磁現象二與量子現象**。龍騰文化事業股份有限公司。

角落的尾刀(2021年12月11日)。**【基本電學 / 直流暫態】(#1/#6)- 電容充放電 / 觀念**。

YouTube。[https://www.youtube.com/watch?v=D3Tdf7\\_QiAc](https://www.youtube.com/watch?v=D3Tdf7_QiAc)

李明憲(無日期)。**電容(器)**。2025年2月5日，取自

[http://boson4.phys.tku.edu.tw/general\\_physics/OSC\\_Ch-24\\_capacitors.html](http://boson4.phys.tku.edu.tw/general_physics/OSC_Ch-24_capacitors.html)

蔡坤憲(2021年5月31日)。**能量守恆嗎？從做功看能量的轉換**。

<https://www.scimonth.com.tw/archives/5224>

邱世寬(2023)。**普通型高級中等學校自然科學領域選修物理 I 力學一 A+課堂講義**。泰宇出版股份有限公司。