

## 電磁學

### 目的

透過 Arduino 微控制器與“Lab in Your Pocket”應用程式作為磁場計，探討螺線管電流與磁場的關係。

### 理論

- 磁場由移動的電荷產生，以磁場線表達，磁場線愈密集代表磁場愈強，反之亦然。
- 一個  $N$  圈螺線管長度是  $L$ ，當電流  $I$  流經螺線管時產生的磁場將是  $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$ ， $\mu_0$  是真空磁導率，數值是  $1.26 \times 10^{-6} \text{ TmA}^{-1}$ 。在電流  $I$  不變的情況下，可探究磁場  $B$  和每單位長度的圈數  $N/L$  的關係。而在和每單位長度的圈數  $N/L$  不變的情況下，則可探究電流  $I$  對磁場  $B$  的影響。
- 螺線管內的磁場是均勻（一樣）的，管外的磁場與磁鐵相似，從一方散漫，在另一方匯聚，方向用右手定則判定。（圖 1）

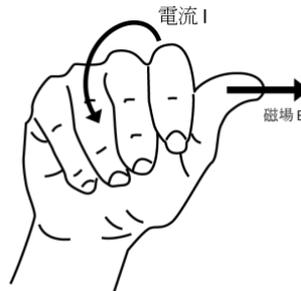


圖 1

右手螺旋定則

- 磁場強度的標準單位是特斯拉(T)，這個實驗使用單位為微特斯拉( $\mu\text{T}$ )。
- 為防短路，電路裡必須連接一個合適的電阻器，亦可以用可變電阻器改變電流做實驗。
- 連接 Arduino 電流傳感器，讀取電流數據，單位是毫安培(mA)。
- 在“Lab in Your Pocket”應用程式介面連接 Arduino 傳感器量度磁場強度。
- 根據疊加原理，磁場強度的總值等於背景（雜散）磁場強度與螺線管產生的磁場強度的總和。背景磁場會被量度然後於總值相減以消除誤差。

### 實驗儀器

- 一個合適電壓的隨身充電器或直流電源
- 一部裝有“Lab in Your Pocket”應用程式的流動裝置
- 一個 Arduino 電流傳感器和一個 Arduino 霍爾傳感器(由理工大學提供)
- 一個螺線管
- 一個可變電阻器

## 實驗設置

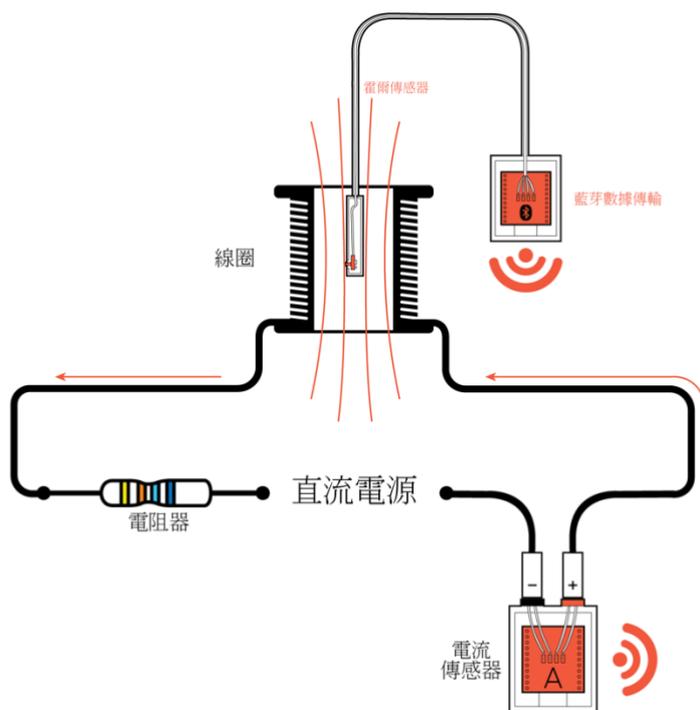


圖 2

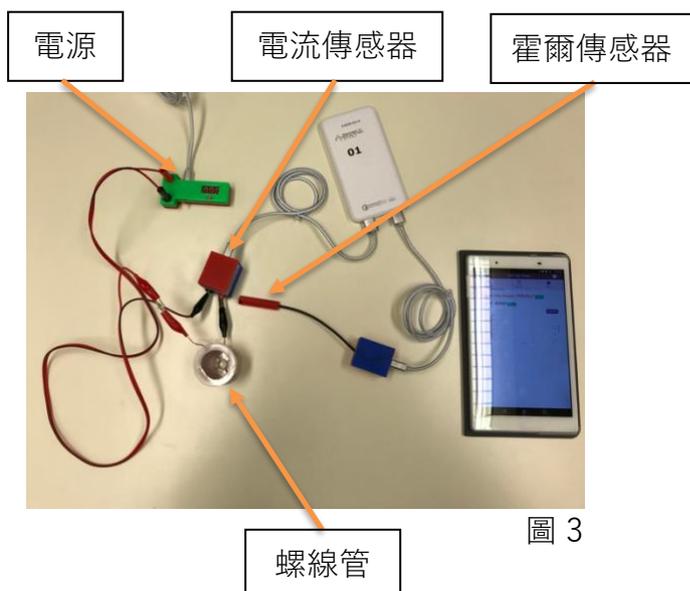


圖 3

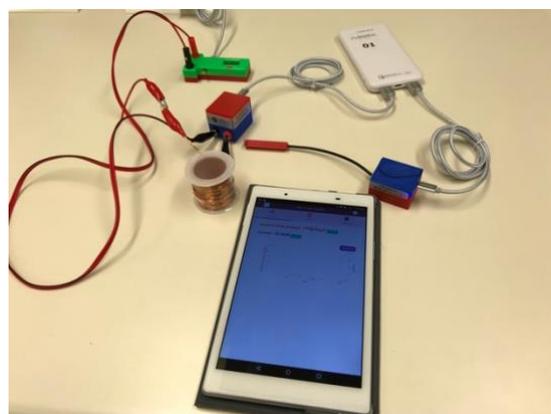


圖 4

## 注意事項

1. 流經電流傳感器及螺線管的電流不應超過 1000mA(即 1A)以免零件過熱及受損。
2. 避免觸碰或撞擊霍爾傳感器的外露部位。
3. 盡可能短時間內完成實驗，減少因電流通過導致電線發熱的機會。如使用理工大學提供的電源，在實驗閒置時按紅色按鈕關閉電源。

## 實驗步驟

### 設置實驗

1. 按照圖 2 所示設置電路。
2. 將 Arduino 電流傳感器和霍爾傳感器分別連接到獨立電源。
3. 啟動“Lab in Your Pocket”應用程式然後選取「電磁學」(圖 5)。

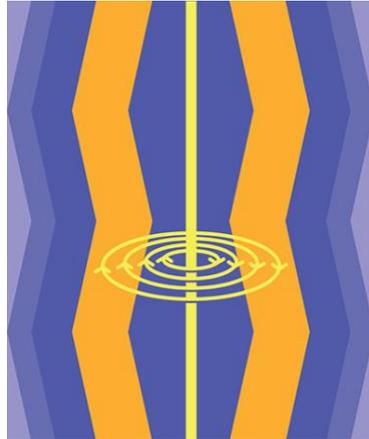


圖 5

4. 按「輸入傳感器位址」，輸入印於 Arduino 傳感器上的藍芽位址(圖 7)，完成後，按「連接」鍵連接傳感器(圖 6)。當連接順利完成，應用程式介面會自動跳進電流和磁場強度的實時監察頁面。(注意：連接傳感器的過程約在 10 秒內完成，若超過 30 秒仍未能連接，請檢查傳感器是否已妥善駁上電源，將應用程式**完全關閉**，重新連接)



圖 6



圖 7

5. 觀察數據，並記錄兩個傳感器測到的背景及誤差數值。註：霍爾傳感器的初始數值**並不**代表地球磁場，該數值主要來自傳感器誤差。
6. 按「化零」鍵抵消誤差。

### 用螺線管做測試

7. 將霍爾探測器放進螺線管內的中間位置，探測器的平面應與螺線管的開口平面平行。

8. 調至最低電壓然後開啟直流電源。
9. 按右下方「記錄」鍵記錄瞬間的電流和磁場強度數值。
10. 在螺線管中移動霍爾探測器，觀察螺線管裡不同位置的磁場強度變化。
11. 選修課題：緩緩移動霍爾探測器離開螺線管，觀察螺線管外不同位置的磁場強度變化。
12. 改變電壓以提高電流（200 毫安培間距）並重複步驟 9，直至電流達到 1000 毫安培（避免電流過高引導危險）。



圖 8



圖 9

13. 按「記錄」鍵記錄數據(圖 9)，在圖紙上繪畫數據並找出電流與磁場強度的關係。

 A screenshot of the mobile application's '數據' (Data) screen. It shows a table with three columns: 'Magnetic Field Strength', 'Current', and 'Time'. The table contains five rows of data. Below the table, there are navigation controls including a red trash icon, a page indicator showing '1' in a blue box, and left and right arrow buttons. The bottom navigation bar has a red box around the '數據' (Data) icon.
 

Magnetic Field Strength	Current	Time
1810.38	-0.2	17791
1810.19	-0.1	17018
1810.48	-0.3	15949
1808.27	-0.3	14075
1808.65	-0.1	12412

圖 10

**數據**

電流通過螺線管產生的磁場

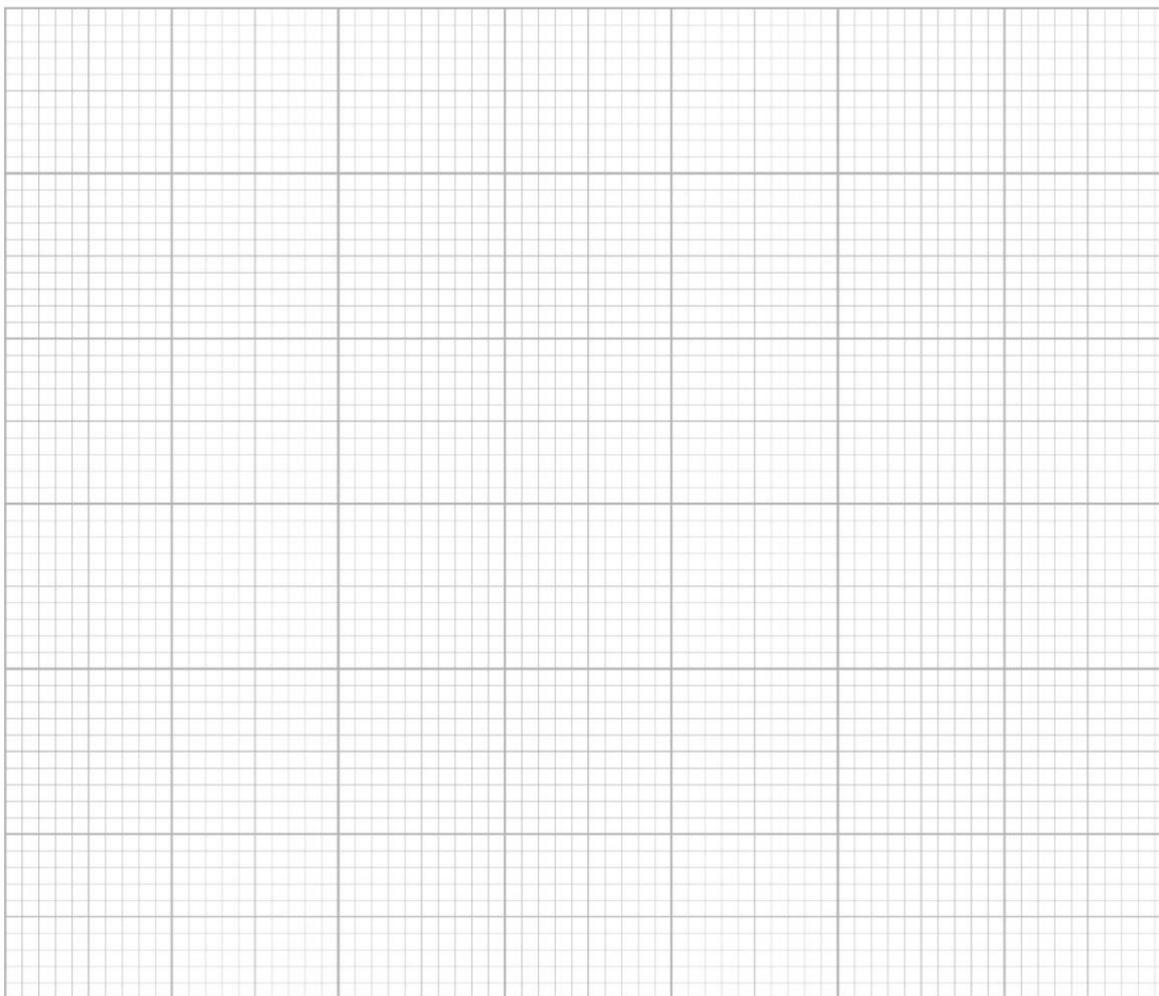
螺線管的圈數( $N$ ) = \_\_\_\_\_

螺線管的長度( $L$ ) = \_\_\_\_\_

每單位長度的圈數( $N/L = n$ ) = \_\_\_\_\_

電流 $I$ (毫安培)	磁場強度 $B$ (微特斯拉)

繪畫電流  $I$  對磁場強度  $B$  的圖表。



## 討論

1. 背景磁場的源頭是甚麼？它對實驗的影響有多大？
2. 在螺線管裡，電流  $I$  與磁場強度  $B$  的關係為何？
3. 磁場強度在螺線管內不同位置的變化如何？
4. 從圖表的斜率可找出真空磁導率  $\mu_0$  的實驗數值，該數值為何？試比較實驗值和理論值。
5. 實驗可能出現的誤差包括甚麼？有何改善措施減低誤差？
6. 選修題：在螺線管外，電流  $I$  與磁場強度  $B$  的關係為何？