

實驗四 電流天平實驗

一、目的：

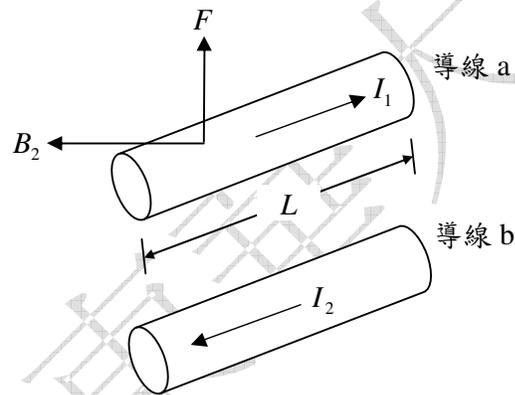
驗證兩條長直導線之間的相互作用力與其電流之關係。

二、原理：

如圖一，載有電流 I_1 及長度為 L 的長直導線 a 在一磁場中所受的作用力為

$$\vec{F} = L\vec{I}_1 \times \vec{B}_2 \quad (1)$$

其中， B_2 為外加的磁場強度。



圖一

本實驗中長直導線 a 的外加磁場 B_2 是由第二條載有電流 I_2 的長直導線 b 所提供的，兩平行導線相距為 r ，根據安培右手定則可得

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} \quad (2)$$

其中， μ_0 為真空中的磁導率，其大小為 1.26×10^{-6} H/m。

由(1)、(2)式可得長直導線 b 作用於長直導線 a 之作用力為

$$F = I_1 L \left(\frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} \right) \quad (3)$$

本實驗儀器設計為 $I_1 = I_2$ ，因此(3)式可簡化成

$$F = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi r} \quad (4)$$

三、儀器：

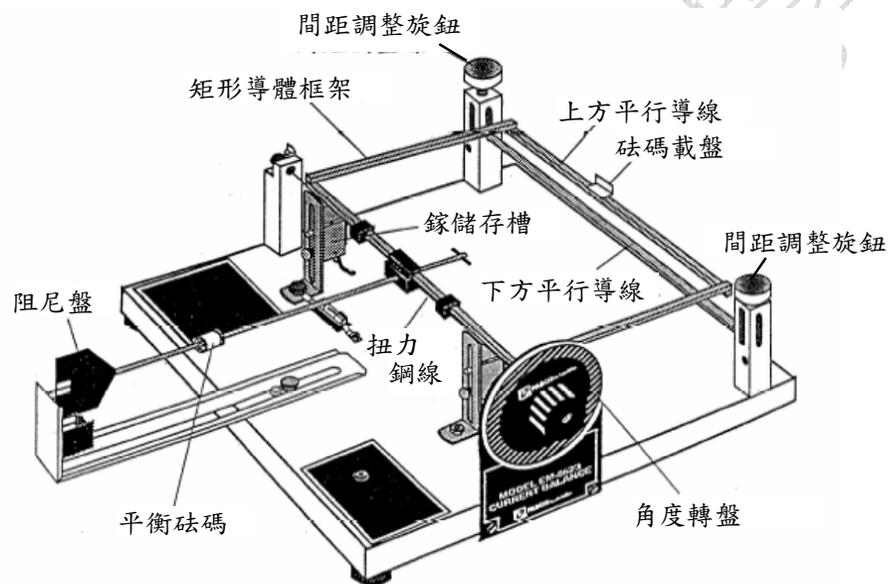
電流天平儀器組、電源供應器、指南針、砝碼組、電子秤、水平儀。

注意事項：

1. 本實驗有使用到有毒物質“鎂”(Galium)，請小心使用。

四、步驟：

1. 實驗裝置如圖二所示，並利用水平儀調整基座水平。



圖二 實驗裝置示意圖

2. 在角度轉盤上穿上扭力線，並將扭力線拉至 18nt。注意：此步驟容易將扭力線拉斷，請小心。
3. 調整鎂儲存槽至導線的接觸點使其碰觸到鎂儲存槽。並且將 9 伏特的變壓器接到鎂加熱器上，使鎂金屬保持液體狀態。
4. 取一個指南針放置於平行導線下方，調整儀器基座，使得平行導體平行於指南針的指針。
5. 使用較長的連接線將電流天平接到直流電源供應器，儘可能讓直流電源供應器遠離矩形導體框架，這可使當連接線通上電流時所產生的磁場，在電流天平上的影響降至最低進而忽略之。

(一)平衡：

1. 將角度轉盤轉到零刻度，查看轉盤背面，檢查穿過大齒輪的栓是

否在大齒輪背面的溝槽中間，並確定轉盤是在範圍中心；轉動“後拇指夾”使其呈水平。

2. 移動平衡砝碼直到平衡桿為水平，細調則靠輕微轉動“後拇指夾”來完成。須避免呼氣造成天平晃動。
3. 放置可移動的阻尼磁鐵，使平衡桿呈水平時，阻尼磁鐵與阻尼盤上的三段指標線形成一直線。

(二)天平歸零：

1. 校正兩平行導線間的距離，旋轉間距調整旋鈕使下方平行導線升起與上方平行導線接觸，則得知其間距為導線直徑(3.1mm)。注意：若間距調整旋鈕已旋轉到底時，兩平行導線仍無法接觸，則必須重新調整平衡砝碼及可移動阻尼磁鐵位置，使平衡時上方平行導線的位置較調整前低；或是在上方平行導線上之砝碼載盤上放置砝碼。
2. 移去砝碼載盤之砝碼或將角度轉盤轉回原來中心位置。此後無論天平是否在平衡位置，兩導線間的距離等於 $3.1+N \times 1 \text{ mm}$ ， N 為間距調整旋鈕所轉動的圈數，在計算所轉的圈數時需找一個目標作為指標。

(三)磁力與電流之關係：

1. 設定兩平行導線之間的距離為 8mm 或以上之距離。(請參閱步驟二)
2. 放置砝碼於上方平行導線上之砝碼載盤上(5~50mg)，即為磁力大小。
3. 調整電流大小，使天平回復到平衡位置，紀錄此電流大小 I 及上方平行導線上之砝碼載盤上砝碼的重量 F 於附錄表一。
4. 改變砝碼重量，重複步驟 3。
5. 對 F 與 I^2 作圖，利用其斜率求出真空磁導率 μ_0 。

(四)磁力與間距之關係：

1. 放置 20mg 砝碼於上方平行導線上之砝碼載盤上，轉動角度轉盤使天平回到平衡位置，並紀錄轉動角度 θ 。
2. 改變砝碼重量，重複步驟 1，將數據紀錄於附錄表二。
3. 對 F 與 θ 作圖，可求得一斜率 k ，並得知 $F = k\theta$ 。由此可知，對任何角度，可由此對應出其磁力大小。
4. 調整一固定電流(5~10 安培)。
5. 測量兩平行導線之不同間距 r (4~15mm)時，所需平衡天平的力 F ，並紀錄於附錄表三。
6. 對 F 與 $\frac{1}{r}$ 作圖，利用其斜率求出真空磁導率 μ_0 。

(五)測量地球磁場的水平分量：

1. 將天平重新定位，使其平行導線垂直於地球磁場的 N-S 方向。
2. 拔去下方平行導線的連接線，使其電流不導通；只導通上方平行導線，如此地球磁場的水平分量恰好等於施力於上方平行導線的磁力。
3. 調整上方平行導線之電流(約 15A)。
4. 轉動角度轉盤，測量回復至平衡位置所需的磁力。
5. 測量上方平行導線長度 L 。
6. 對 F 與 I 作圖，利用 $B = \frac{F}{IL}$ 之斜率計算地球磁場的水平分量。

五、 問題：

1. 載流導線本身會產生磁場，而此磁場會載流導線產生作用力嗎？為什麼？
2. 在步驟(三)為何兩平行導線需平行於指南針的所指的方向呢？
3. 為何步驟(五)只量測出地球磁場的水平分量？而垂直分量的磁場卻可忽略？

六、 討論：

附錄

表一

兩平行導線之間距(轉動圈數 $N \times 1 + 3.1\text{mm}$)= _____ mm

導線長度= _____

砝碼質量(mg)	磁力 F (mg)	電流 I (A)

表二

砝碼質量(mg)	轉動角度 θ	磁力 F (mg)

表三

固定電流= _____

導線長度= _____

斜率 k = _____

轉動圈數 N	間距($N \times 1 + 3.1\text{mm}$)	轉動角度 θ	磁力 $F = k\theta$