

實驗二 載流導線受力測試

實驗目的：

將載流的導線置於磁場中，分別觀察導線受力與電流大小、導線長度、磁場強度以及導線和磁場夾角間的關係，藉以驗證勞倫茲力。

實驗儀器：

載流導線受力測試裝置(含電流連接架、電流迴路 PC 板、馬蹄形磁鐵、旋轉迴路裝置、長條形磁座、方形磁座)，電源供應器，高斯計(含探測棒)，電子秤

實驗原理：

帶電粒子 q 以速度 v 在電場 E 與磁場 B 中的受力被稱為勞倫茲力(Lorentz force)，表示為：

$$F = q(E + v \times B)$$

若只考慮單一載流的導線在磁場中受力 F ，表示如下：

$$F = i(L \times B)$$

因此，導線受力的量值和方向，可由下述四個因素來決定

1. 電流的大小 i
2. 導線的長度 L
3. 磁場的強度 B
4. 導線方向與磁場方向夾角 θ

本實驗藉由改變各項參數，變化導線的受力，用以驗證勞倫茲力。

將一可產生近似均勻磁場的磁鐵座置於電子秤，秤得磁鐵組的總質量。再將電流迴路 PC 板的均勻導線段置於磁鐵內，當導線接通電流後，此電流迴路就會受到一向上或向下的勞倫茲力，根據牛頓第三定律(作用力與反作用力)，兩力量值相等、方向相反；因此電子秤上讀數改變，由所秤得的質量變化量可得知導線的受力。

A. 高斯計使用說明

(a) 操作前準備

1. 將探測棒與高斯計連接(如圖一所示)，請先確認針腳方向是否正確後再連接。
2. 檢查是否接上 Model:PSU-5 變壓器。
3. 備好歸零磁室(Zero Flux Chamber)。
4. 按下 ON/OFF 鍵開機，開機後螢幕會出現 CAL6 - CAL0，此時高斯計正在執行自我校正檢測。

(b) 單位選取

1. 按 SHIFT 鍵，待螢幕上出現 SHIFT 字樣，按 ← 鍵(選擇 UNITS 切換功能)，此時螢幕右邊的磁場單位會開始跳動，由 ↑/↓ 鍵選擇單位。在本實驗中選用單位為 " mT "。
2. 單位選取完成後，按 SHIFT 鍵，待螢幕上出現 SHIFT 字樣，再按 ← 鍵，即可確認單位。
3. 若螢幕上出現 AUTO RANGE 字樣，即表示高斯計設定在自動檔位切換。若無，請先按 SHIFT 鍵，待螢幕上出現 SHIFT 字樣，再按下 RANGE 鍵，當螢幕出現 AUTO RANGE 字樣時，即可自動進行檔位切換。



圖一 高斯計裝置。

(c) 執行校正歸零(※ 每次測量前執行)

1. 將探測棒前端放入歸零磁室(Zero Flux Chamber)內。
2. 按 ZERO 鍵，待螢幕出現 AUTO ZERO 字樣，當主機會發出"嗶! 嗶!"聲後再將探測棒取出，即使高斯計完成歸零。

(d) 磁場大小測量

1. 將探測棒前端伸入磁場內部。
2. 移動探測棒觀察磁力數值。
3. 探測面應與磁場方向垂直，切記勿與磁座碰觸。
4. 高斯計螢幕所呈現數值即為磁場強度。

(e) 如何用探測棒判斷磁鐵的極性

將探測棒伸入磁場內，若磁場為負值，則握把上的 F.W BELL 該面所面對的磁鐵面極性為 S 極，若磁場為正值，則握把上的 F.W BELL 該面所面對的磁鐵面極性為 N 極。藉此即可判斷磁鐵極性。

注意事項：

1. 高斯計所附探測棒脆弱易斷且價格昂貴，請小心使用。
2. 探測棒未使用(含暫時擱置)時，務必套上保護套，以防止損壞。
3. 探測棒與高斯計連接前，應先確認針腳方向是否正確後再連接，以防針腳折斷。
4. 使用高斯計前，應先將高斯計與探測棒連接後，再開啟電源。使用完畢後，應先關閉電源再移除探測棒。
5. 高斯計使用前應先將探測棒前端置於歸零磁室內，待歸零後再使用。
6. 電子秤最大可承受重量為 600.00 g，切勿超過此重量。
7. 電流迴路 PC 板最大承受電流為 2.00 A，旋轉迴路裝置最大承受電流為 5.00 A。
8. 高斯計與電子秤之變壓器切勿混用。
9. 請注意實驗室冷氣的風壓是否強到影響電子秤讀數。

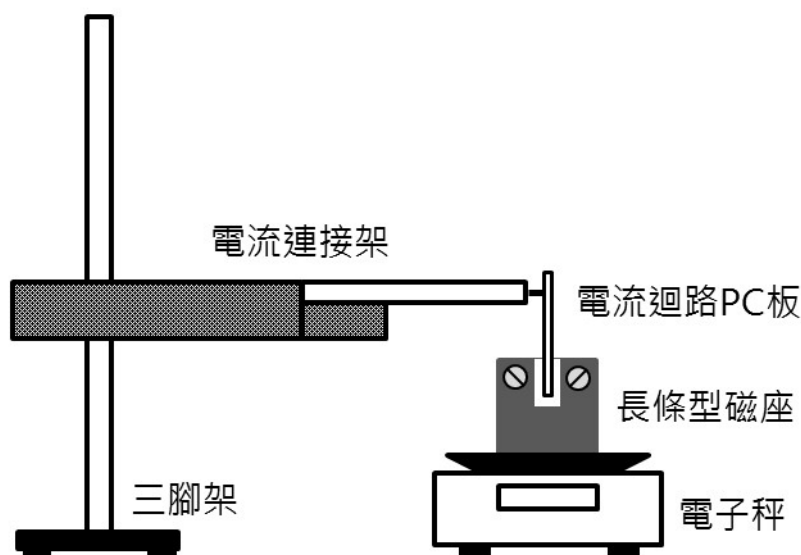
實驗步驟：

A. 觀察磁鐵排列與磁場大小間之關係

1. 隨意將 6 個馬蹄形磁鐵吸附於長條形磁座下方。
2. 將高斯計探測棒伸入長條形磁座溝渠間，觀察磁場強度 B 變化。
3. 試著移動探測棒，觀察探棒與磁鐵距離變化時的磁場變化。
4. 試著以不同極性組合排列磁鐵，觀察不同組合時磁場強度的差異變化。

B. 固定導線長度 L 與磁場大小 B ，改變導線電流 i ，觀察導線受力 F 與導線電流兩者間的關係

1. 實驗裝置如圖二所示。
2. 將 6 個馬蹄形磁鐵吸附於長條形磁座下方，切記磁極方向要一致。
3. 將高斯計探測棒伸入長條形磁座溝渠間，測量磁場強度 B 。
4. 將 6 號電流迴路 PC 板 ($L = 8.40 \text{ cm}$) 與電流連接架連接。
5. 將長條形磁座放置於電子秤上，再將電流迴路 PC 板置於兩磁極間。此時，電子秤所測得長條形磁座質量為 W_1 。
6. 以電源供應器輸出 0.50 A 電流，記錄長條形磁座質量為 W_2 。
7. 由通電前後長條形磁座質量變化，計算導線受力 F 。
8. 改變導線電流 i (勿超過 2.00 A)，重覆上述步驟。
9. 作 $F - i$ 關係圖。



圖二 實驗裝置圖 I。

- B. 固定導線電流 i 與磁場大小 B ，改變導線長度 L ，觀察導線受力 F 與導線長度 L 兩者間的關係
1. 實驗裝置如圖二所示。
 2. 將 6 個馬蹄形磁鐵吸附於長條形磁座下方，切記磁極方向要一致。
 3. 將高斯計探測棒伸入長條形磁座溝渠間，測量磁場強度 B 。
 4. 將 6 號電流迴路 PC 板 ($L = 8.40 \text{ cm}$) 與電流連接架連接。
 5. 將長條形磁座放置於電子秤上，再將電流迴路 PC 板置於兩磁極間。此時，電子秤所測得長條形磁座質量為 W_1 。

6. 以電源供應器輸出 1.50 A 電流，記錄長條形磁座質量為 W_2 。
7. 由通電流前後長條形磁座質量變化，計算導線受力 F 。
8. 改變導線長度 L (如表一所示)，即更換電流迴路 PC 板，重覆上述步驟。
9. 作 $F - L$ 關係圖。

表一 電流迴路 PC 板。

電流迴路 PC 板編號	1	2	3	4	5	6
導線長度 L (cm)	2.20	4.20	3.20	1.20	6.40	8.40

- C. 固定導線電流 i 與導線長度 L ，改變磁場大小 B ，觀察導線受力 F 與磁場大小 B 兩者間的關係
1. 實驗裝置如圖二所示。
 2. 將 6 個馬蹄形磁鐵吸附於長條形磁座下方，切記磁極方向要一致。
 3. 將高斯計探測棒伸入長條形磁座溝渠間，測量磁場強度 B 。
 4. 將 4 號電流迴路 PC 板 ($L = 1.20$ cm) 與電流連接架連接。
 5. 將長條形磁座放置於電子秤上，再將電流迴路 PC 板置於兩磁極間。此時，電子秤所測得長條形磁座質量為 W_1 。
 6. 以電源供應器輸出 1.50 A 電流，記錄長條形磁座質量為 W_2 。
 7. 由通電流前後長條形磁座質量變化，計算導線受力 F 。
 8. 改變磁場強度，即改變磁座下方馬蹄形磁鐵數目，重覆上述步驟。
 9. 作 $F - B$ 關係圖。
- D. 觀察導線受力 F 與電流方向-磁場方向夾角 θ 兩者間的關係
1. 實驗裝置如圖三所示。
 2. 將高斯計探測棒伸入方型磁座溝渠間，測量磁場強度 B 。
 3. 先將旋轉迴路裝置上方角度設為 0.0° 再與電流連接架連接。
 4. 將方形磁鐵座放置於電子秤上，再將旋轉迴路裝置伸入於方形磁座內。此時，電子秤所測得方形磁座質量為 W_1 。

5. 以電源供應器輸出 1.50 A 電流，再以手些微轉動方形磁座使電子秤讀值仍為 W_1 。此步驟即再確認電流方向與磁場方向是否平行。

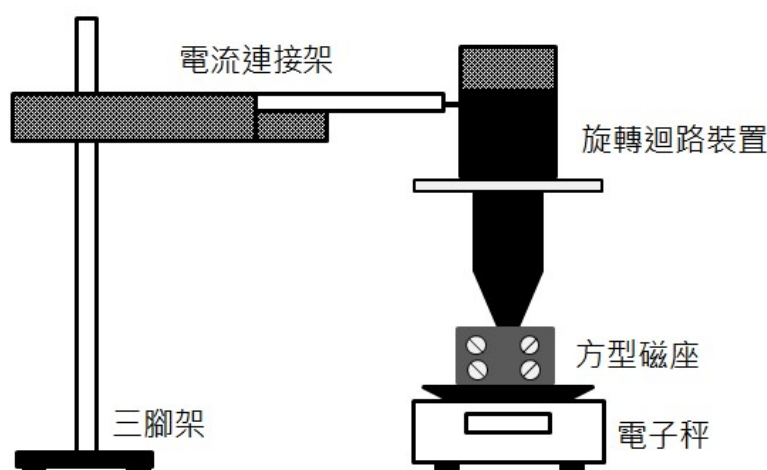
[註] 當電流方向與磁場方向平行時，導線受力為零。

6. 承上，若無法使電子秤讀值顯示為 W_1 ，再微調旋轉迴路裝置上方角度(方形磁座不動)，使電子秤讀值為 W_1 ，記錄微調角度為 ϕ 。

7. 改變導線電流方向與磁場方向夾角，即轉動旋轉迴路裝置角度，記錄方形磁座質量為 W_2 。

8. 改變旋轉角度使磁座質量變化，計算導線受力 F 。

9. 作 $F - \sin\theta$ 關係圖。



圖三 實驗裝置圖 II。

實驗問題：

1. 在量測磁場前，高斯計使用前應先將探測棒前端置於歸零磁室內，是說明歸零磁室的原理。
2. 已知導線通電後會產生磁場，而在本實驗中是否會受此磁場影響？試說明之。
3. 電流迴路 PC 板在磁鐵組中的擺放位置差異是否也會影響磁場量測結果？試說明之。
4. 在導線受力與外加磁場關係實驗中，為何要選用 4 號 (1.20 cm) 電流迴路 PC 板，其目的為何？試說明之。