

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 \vec{v} 在電場 \vec{E} 與磁場 \vec{B} 中的受力被稱為勞倫茲力(Lorentz force)，表示為：

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

若只考慮單一載流的導線在磁場中受力 \vec{F} ，表示如下：

$$\vec{F} = i(\vec{L} \times \vec{B})$$

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：

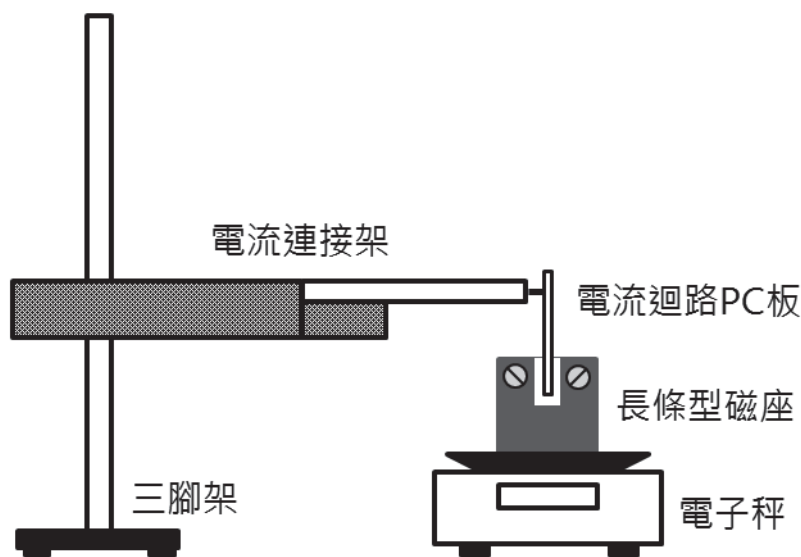
A. 觀察磁鐵排列與磁場大小間之關係

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 \vec{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 \vec{L} 與磁場大小 \vec{B} ，改變導線電流 i ，觀察導線受力 \vec{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 \vec{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 \vec{F} 。
8. 改變導線電流 i (勿超過2.00 A)，重覆上述步驟。
9. 作 $\vec{F} - i$ 關係圖。



圖二 實驗裝置圖I。

B. 固定導線電流 i 與磁場大小 \vec{B} ，改變導線長度 L ，觀察導線受力 \vec{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 \vec{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 \vec{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 $\vec{F} - L$ 關係圖。

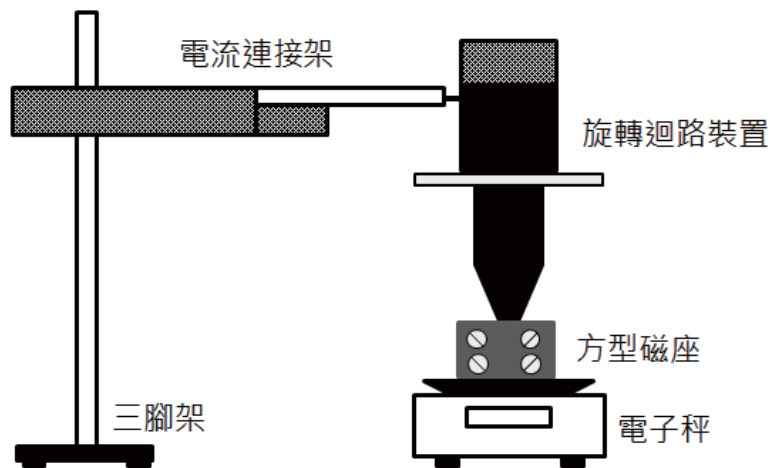
表一 電流迴路PC板。

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 \vec{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 \vec{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 \vec{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 $\vec{F} - B$ 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 \vec{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 \vec{F} 。
9. 作 $\vec{F} - \sin \theta$ 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。