

實驗十一 電流天平實驗

【目的】

認識磁場之基本定義，利用電子秤間接測量載流導線在磁場中受力(Lorentz force)的大小和電流大小、導線長度、磁場強度的關係，並利用這些關係來度量磁場。

【原理】

磁場 B 的定義

由實驗上我們可得知磁場施於運動中電荷的磁力恆與電荷的運動方向相垂直，其大小與電荷的電量成正比，並與其速率成正比，關係為

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \dots\dots\dots(1)$$

此力 F_B 稱為 Lorentz force。使用 MKS 制時， F_B 的單位為牛頓，電量以庫倫為單位，速度的單位為公尺/秒，而磁場的單位為 (牛頓/庫倫) (秒/米)，單位名稱稱為 tesla，所以 1tesla=1 牛頓/(安培×米)。tesla 是一個很大的磁場單位，由於我們平時所接觸的磁場大小往往遠小於此數量級，故習慣上也常使用 gauss 這種單位，而 1tesla = 10000 gauss。

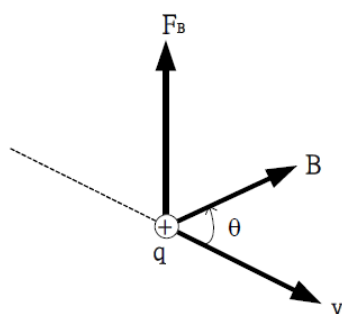


圖 1 帶電質點在磁場中受力圖

考慮載流導線在磁場中受力之情況

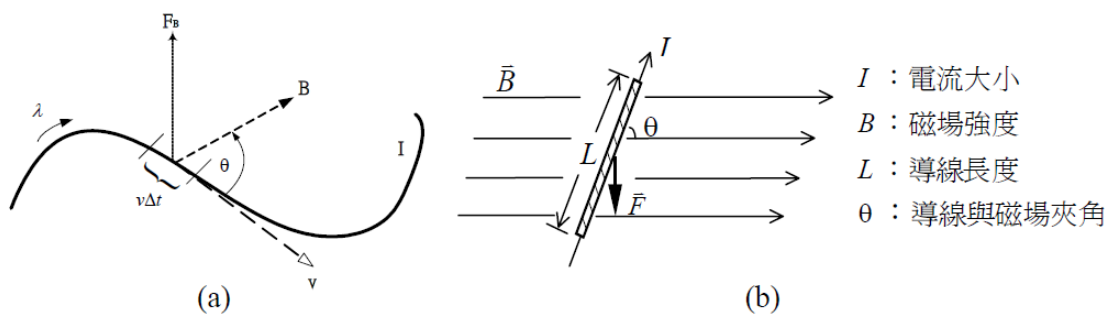


圖 2 載流導線在磁場中受力圖

當電流通過一靜止於磁場中的導線時，此導線會受力的作用，如圖 2(a) 所示，圖中 λ 為線電荷密度， V 為電荷移動速度，電流 $I = \lambda V$ ，由 Lorentz force 之公式可得到通電流之導線所受之力，其大小、方向與電流大小、磁場強度、導線長度以及磁場方向與導線方向的夾角有關，其關係如下

$$\vec{F}_B = q\vec{V} \times \vec{B} = \int (\lambda dl)(\vec{V} \times \vec{B}) = \int I(\vec{V} \times \vec{B}) \dots\dots\dots(2)$$

若此導線為直導線，則(2)式可表示為

$$\vec{F}_B = I\vec{L} \times \vec{B} \dots\dots\dots(3)$$

Lorentz force 的大小可藉著間接的方法測出：如圖3所示，先將一磁鐵組置於電子秤上，再將一電流迴路的一邊置於磁鐵內，則接通電流後，此電流迴路就會受到一向上或向下的力 F_B (Lorentz force) 作用。根據作用力與反作用力大小相等、方向相反的原理，此磁鐵組亦同時受到 F_B 大小相同之向上或向下的力，因此電子秤上的讀數就有了變化，且由此變化量我們可得知導線受力 F_B 的大小和方向。再經由(3)式，便可求得磁場的大小。

$$B = \frac{F_B}{IL \sin \theta} \dots\dots\dots(4)$$



圖3 電流天平配置圖

【儀器】

電流迴路組、磁鐵、三角底座、長圓柱、電流迴路支架、電子秤、直流電源供應器、連接線 (x2)。

※注意事項：

1. 電流應該限制在5安培之內，而且通過時間不宜太久，慎防觸電以及電流熱效應損壞儀器。
2. 連接線應與電源供應器上的直流 (D.C.) 輸出端子相連接，不可將電流迴路與電源供應器的交流 (A.C.) 端子相連接，以防將電流迴路燒毀。
3. 實驗時注意磁鐵組的磁極方向，確定N極在同一側、S極在同一側。

【步驟】

一、探討 Lorentz force 與電流大小的關係

1. 實驗配置如圖3所示。
2. 按下電子秤上的「扣重」鍵，使得讀數變為0.00克（先不要通電流於迴路上）。
3. 打開電源，旋轉調整鈕使電流從0.5安培開始，然後再每次增加0.5安培，並同時記錄電子秤上讀數變化。
4. 將電子秤的質量單位轉換成力的單位，並計算出磁場 B 。
5. 繪力（Lorentz force）與電流大小的關係圖。
6. 改變不同長度的電流迴路重覆步驟2 ~ 6。

二、探討 Lorentz force 與導線長度的關係

1. 實驗裝置如圖3所示。
2. 測量電流迴路之導線的有效長度，並記錄於表格內。
3. 按下電子秤上的「扣重」鍵，使讀數顯示0.00克。
4. 打開電源開關，調整電流至2安培，並記錄電子秤上的讀數。
5. 將電子秤的質量單位轉換成力的單位，並計算出磁場 B 。
6. 關掉電源，換下不同長度的電流迴路，重覆步驟2 ~ 5。
7. 繪 Lorentz force 與導線長度的關係圖。

三、探討 Lorentz force 與磁場強度的關係

1. 實驗裝置如圖3所示。
2. 電源未打開前先按電子秤的「扣重」鍵歸零。
3. 打開電源，並調整電流至2安培，記錄電子秤上的讀數，並將讀數轉換成力的單位。
4. 逐次增加磁鐵的數目，重覆步驟 2 ~ 4。
5. 改變不同長度的電流迴路，重覆步驟 2 ~ 5。
6. 繪 Lorentz force 與磁鐵數目的關係圖。

Current Loop	Length
SF 37	2.2cm
SF 38	4.2cm
SF 39	3.2cm
SF 40	1.2cm
SF 41	6.4cm

【數據】

一、探討 Lorentz force 與電流大小的關係

磁鐵數目	電流(A)	導線長=	
		F(N)	B(gauss)
6	0.5		
6	1.0		
6	1.5		
6	2.0		
6	2.5		
6	3.0		
6	3.5		
6	4.0		
6	4.5		

繪力 (Lorentz force) 與電流大小的關係圖。

二、探討 Lorentz force 與導線長度的關係

磁鐵數目	電流(A)	F(N)	導線長度(cm)	B(gauss)
6	2			
6	2			
6	2			
6	2			
6	2			
6	2			

繪力(Lorentz force)與導線長度的關係圖。

三、探討 Lorentz force 與磁場強度的關係

磁鐵數目	電流(A)	導線長=	
		F(N)	B(gauss)
1	2		
2	2		
3	2		
4	2		
5	2		
6	2		

【問題與討論】

1. 電子秤上顯示的值可能正、亦可能負，為什麼？
2. 電流天平可以延伸應用到哪些用途？