

實驗六 磁矩及地磁水平強度

一、實驗目的：

測量磁鐵的磁矩及地球磁場的水平強度。

二、實驗原理：

地球上某點之磁場在水平方向之分量稱為該點的地球磁場水平強度，以 B_0 表示之。若將一指南針水平懸吊於 P 點，因受地磁影響其 N 極指向北， S 極指南，而停止在磁子午線(magnetic meridian)之方向。現若於距 P 點處，水平放置一長 $2L$ 的磁鐵，其方向垂直於地磁水平方向如圖一所示，

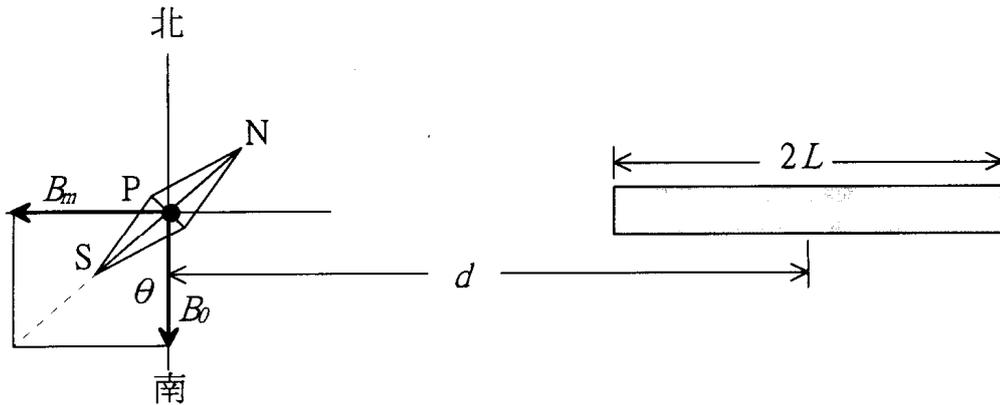


圖 一

則此磁鐵所產生的磁場在 P 點處為 B_m 。由指南針的偏轉角度 θ 可得與的關係

$$\tan \theta = \frac{B_m}{B_0} \quad (1)$$

另我們亦可將磁鐵視為由許多小的磁偶極(magnetic dipole)排成一直線所構成，其總磁偶極矩(magnetic dipole moment)為 m 。設其中的一個磁偶極距離 P 點為 x ，其磁偶極矩為 dm ，則此磁偶極在 P 點處所產生的磁場為

$$dB_m = \frac{\mu_0}{2\pi x^3} dm = \frac{\mu_0}{2\pi x^3} \left(\frac{m}{2L} \right) dx \quad (2)$$

將上式對整個磁鐵做積分得 B_m 的大小為

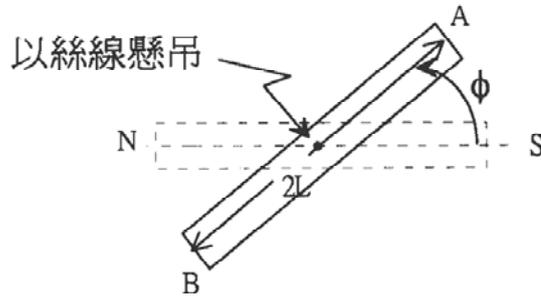
$$B_m = \frac{\mu_0}{4\pi L} \int_{d-L}^{d+L} \frac{dx}{x^3} = \frac{\mu_0 m d}{2\pi (d^2 - L^2)^2} \quad (3)$$

不過由於磁鐵的兩磁極之距離(稱為磁距，magnetic length)，實際上略小於磁鐵的物理長度，因此上式的結果為一近似值。將式(3)代入式(1)，得到

$$\frac{m}{B_0} = \frac{2\pi (d^2 - L^2)^2}{\mu_0 d} \tan \theta \quad (4)$$

假使以絲線將磁鐵水平吊之，靜止時磁棒軸線 AB 為磁子午線 NS 之方向，再以絲線為軸，將磁鐵自靜止位置轉至某角度 ϕ (角度宜小)，如圖二所示，則磁棒所受的回復力矩 τ 為

$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B}_0 \Rightarrow \frac{d^2\phi}{dt^2} = mB_0 \sin\phi \sim mB_0\phi \quad (5)$$



圖二

式(5)之方程式，即為扭擺的運動方程式，故可知其擺動周期 T 為

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mB_0}} \quad (6)$$

其中 I 為磁鐵之轉動慣量(moment of inertia)。若磁鐵為圓柱棒，其質量為 M ，長度為 $2L$ ，半徑為 r ，則

$$I = M \left[\frac{(2L)^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right] \quad (7)$$

若磁鐵為方形棒狀時，其質量為 M ，長為 $2L$ ，寬為 b ，則

$$I = M \left[\frac{(2L)^2 + b^2}{12} \right] \quad (8)$$

由式(6)可得

$$mB_0 = \frac{4\pi^2 I}{T^2} \quad (9)$$

將測得之 T 及 I 代入式(9)，可求得 mB_0 之值，再與式(4)解聯立方程式，即可算出 m 及 B_0 之值。

三、實驗步驟：

1. 先調整偏角磁針台之台面至水平，當磁針靜止時，再調整偏角磁針台對準正東西向。如圖三所示。
2. 置磁鐵於偏角磁強計之溝槽上，讀出磁針之偏轉角度 θ ，並記錄磁鐵中心至磁針中心距離為 d 。
3. 代入式(4)，可得 m/B_0 之值（最好更換其南北極各測一次，再求平均值代入）。
4. 將上述磁鐵懸吊於一細線下，以另一磁鐵（或鐵片）自平衡點外引轉至某角度（約 $5^\circ \sim 10^\circ$ ）以使開始擺動，如圖四所示。當擺動後此另一磁鐵即拿開。
5. 用馬表（常寫作馬錶，stop watch），測量其擺動周期 T 。
6. 測量磁鐵棒之長度 $2L$ ，並用天平測得磁鐵棒之質量 M ，求出轉動慣量 I 。

物理實驗記錄表格
實驗六、磁矩及地磁水平強度

實驗時間： 年 月 日 姓名：_____

1. m/B_0 :

磁棒長度： $2L =$

編號	偏轉角度 θ	磁棒與磁針距離 d	m/B_0
1			
2			
3			
4			
5			
m/B_0 平均值			

2. mB_0 :

磁棒長度 $2L$	磁鐵棒質量 M	磁鐵棒半徑 r	磁鐵棒轉動慣量 I

編號	擺動 20 次時間	周期 T	mB_0
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
mB_0 平均值			