

## 實驗二 磁場中的磁矩

### 目的

一個通電導線圈置於均勻磁場中將會受轉矩的作用。轉矩與導線圈的半徑、匝數和通過電流，及其所在的外部磁場強度有關。

### 原理

一個封閉導線圈 C 載有電流 I 的磁矩  $\vec{m}$  定義為：

$$\vec{m} = \frac{I}{2} \oint_C \vec{r} \times d\vec{r}' = I \oint_A d\vec{\Omega} \quad , \text{其中 } A \text{ 為給定區域, } C \text{ 為包圍區域 } A \text{ 的邊界。}$$

而一線圈(其磁矩為  $\vec{m}$ )置於一個磁通強度  $\vec{B}$  的磁場中所受的轉矩  $\vec{T}$  為：

$$\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B} \quad (1)$$

均勻磁場可利用亥姆霍茲線圈(Helmholtz coil)產生，亥姆霍茲線圈是由兩組圓線圈所組成，其半徑剛好等於兩組圓形線圈的距離，如圖 9-1 所示，在亥姆霍茲線圈中心為相當均勻的磁場。

對於一直徑為  $d$ ，匝數為  $n$  的導線圈環，其磁矩  $\vec{m}$  為：

$$\vec{m} = n I \vec{A} \quad , \quad \vec{A} \text{ 為導線圓環的面積向量}$$
$$|\vec{m}| = n I \frac{\pi}{4} d^2 \quad (2)$$

若將此導線圓環置於載有電流  $I'$  的亥姆霍茲線圈的中心，從(1)式可知：

$$|\vec{T}| = c n I |\vec{A}| I' \sin\alpha \quad (3)$$

其中  $\alpha$  為  $\vec{B}$  與導線圓環面積向量  $\vec{A}$  的夾角， $c$  為亥姆霍茲線圈磁場常數。

### 實驗裝置圖



圖2 - 1. 實驗裝置圖

## 儀器

儀器名稱	數量	儀器名稱	數量
亥姆霍茲線圈(Helmholtz coil) (Max:5A、直徑 = 400mm、匝數 :154)	1 對	線圈支架	1 組
單匝線圈(直徑 6、8.5、12 cm)	1 個	扭力計(Max:0.01N)	1 組
二匝線圈(直徑 12 cm)	1 個	電源供應器	1 台
三匝線圈(直徑 12 cm)	1 個	電源供應器 15 VAC/12 VDC/5 A	1 台
配電器	1 個	方形支撐桿	1 組
連接線	10 條	基座組	1 組
數位電表	2 台		

## 實驗步驟

一、 實驗裝置如圖2 - 1。

1. 確認亥姆霍茲線圈磁場的方向。
2. 確認數位電表的檔位(20A)。
3. 確認三匝線圈在亥姆霍茲線圈的中心位置。
4. 量測前請先將扭力計歸零並確認水平，旋轉扭力計下方的旋鈕使方形支撐桿於中心位置。

二、 探討亥姆霍茲線圈電流  $I'$ (A)與轉矩的關係。

1. 選取三匝線圈( $d = 12\text{cm}$ )置於亥姆霍茲線圈中心，將線圈磁矩與磁場方向的夾角固定為 30 度，設定三匝線圈的電流  $I = 3\text{A}$ 。
2. 改變亥姆霍茲線圈的電流  $I'$ (A)並記錄扭力與轉矩於表一。  
**注意：亥姆霍茲線圈的電流  $I'$  不能超過 3A。**

三、 探討導線圈中電流  $I$ (A) 與轉矩的關係。

1. 選取三匝線圈( $d = 12\text{cm}$ )置於亥姆霍茲線圈中心，線圈磁矩與磁場方向的夾角固定為 30 度，並設定  $I' = 2\text{A}$ 。
2. 改變線圈中電流  $I$ (A)並記錄扭力與轉矩於表二。

四、 探討線圈匝數與轉矩的關係。

1. 將線圈磁矩與磁場方向的夾角固定為 30 度，分別設定  $I = 3\text{A}$ 、 $I' = 2\text{A}$ 。
2. 分別選取不同匝數( $d$  皆為 12cm)的線圈置於亥姆霍茲線圈中心，測量扭力與轉矩並記錄於表三。

五、 探討線圈面積與扭力的關係。

1. 線圈的磁矩與磁場方向夾角固定為 30 度，分別設定  $I = 3\text{A}$ 、 $I' = 2\text{A}$ 。分別選取不同直徑  $d = 6、8.5、12\text{cm}$ 的線圈置於亥姆霍茲線圈中心，測量扭力與轉矩並記錄於表四。

**※角度的量測請觀察線圈連接的刻度鈕，參照裝置圖 9-1。**

表一、 $I'(A)$ 與扭力及轉矩的關係

$n = 3, I = 3A, d = 12cm, \alpha = 30^0$		
$I'(A)$	torsion(mN)	T(Nm)
0.6		
0.9		
1.2		
1.5		
1.8		
2.1		
2.4		
2.7		

表二、 $I(A)$ 與扭力及轉矩的關係

$n = 3, I' = 2A, d = 12cm, \alpha = 30^0$		
$I(A)$	torsion(mN)	T(Nm)
1.0		
1.5		
2.0		
2.5		
3.0		
3.5		
4.0		
4.5		
5.0		

表三、線圈匝數與扭力及轉矩的關係

$I' = 2A, I = 3A, d = 12cm^2, \alpha = 30^0$		
n	torsion(mN)	T(Nm)
1		
2		
3		

表四、線圈直徑與扭力及轉矩的關係

$I' = 2A, I = 3A, n = 1, \alpha = 30^0$		
d(cm)	torsion(mN)	T(Nm)
6		
8.5		
12		

### 數據處理

1. 分別繪出 $I'(A)$ 、 $I(A)$ 、導線圈匝數、導線直徑與轉矩的關係圖。
2. 利用表二量測的轉矩，藉由式(1)計算三匝線圈( $I = 3A, I' = 2A, d = 12cm, \alpha = 30^0$ )在磁場中的磁矩(亥姆霍茲中心磁場計算請參照實驗8-2)，並與式(2)所算的磁矩做比較。