

## F18 基礎電磁與電磁感應實驗

### 1 實驗項目

- 1.1 以小磁棒磁力矩推測地磁
- 1.2 以正切電流計測量地磁
- 1.3 電流天平測量實驗
- 1.4 直流馬達模型演示
- 1.5 法拉第定律測量實驗
- 1.6 冷次定律演示
- 1.7 跳環實驗
- 1.8 發電機演示
- 1.9 變壓器測量實驗
- 1.10 電磁通信演示

### 2 簡介

#### 2.1 以小磁棒磁力矩推測地磁

將一水平磁針放置在地磁水平強度為  $B$  的地方，待磁針靜止後，磁針的 N 極指向北方，S 極指向南方。而通過地心和磁針所指示的南北方向的垂直平面，稱作磁子午面。

在距離磁針中心點  $P$  一段距離  $d$  處放置一長為  $2l$  的磁鐵棒，且其方向垂直於地磁水平方向，則磁鐵棒將會在  $P$  處產生一磁場  $B_p$ ：

$$B_p = \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2}$$

其中， $m$  與  $-m$  為磁棒兩極的強度， $M=2ml$  為磁鐵棒之磁矩。

磁針同時受到地磁水平分量  $B$  與磁棒磁場  $B_m$  的作用，偏轉了一個角度  $\theta$ ，

$$\tan\theta = \frac{B_p}{B} = \frac{2Md}{B(d^2 - l^2)^2}$$

將上式稍做整理，可得

$$\frac{M}{B} = \frac{(d^2 - l^2)^2 \tan\theta}{2d}$$

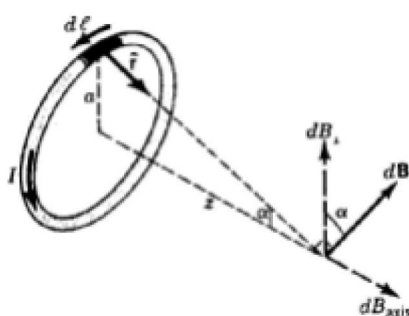
磁鐵棒的轉動慣量為  $I$ ，則根據牛頓第二運動定律可得

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{MB}{I}}} \rightarrow MB = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

## 2.2 以正切電流計測量地磁

假設一個半徑為  $a$  且載有電流  $I$  的環形線圈，今欲求取其中央軸上距環心  $z$  處之磁場，則可依據必歐沙伐定律：

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\hat{l} \times \hat{r}}{r^2}$$



考慮環形線圈上任意電流元( $Idl$ )的磁場貢獻為  $dB$ ，其中磁場方向可由右手定則來決定，而磁場  $dB$  可再分解成平行及垂直於中央軸兩分量—即  $dB_{axis}$  與  $dB$ 。不過，對稱的環形線圈直徑兩端對應的電流元所建立之磁場垂直分量  $dB$  恰可相消，另外， $dl$  又與  $r$  相互垂直，因此，中央軸的磁場大小  $dB$  可簡化為平行分量，即：

$$dB_{axis} = dB \sin\alpha = \frac{\mu_0 Idl}{4\pi r^2} \left(\frac{a}{r}\right)$$

經整理後，可得

$$B_{axis} = \frac{\mu_0 NIa^2}{2(a^2 + z^2)^{3/2}}$$

因此接著再以向量合成分析，即可求出地磁的正切強度。

## 2.3 電流天平測量實驗

Lorentz 告訴我們，導線在磁場中受力為：

$$\text{向量式：}\vec{F} = i\vec{L}\times\vec{B} \quad \text{純量式：}F = iLB\sin\theta$$

因此，從上式可以看到受力的大小和方向，由四個因素來決定：  
(1)電流的大小  $i$ 、(2) 導線的長度  $L$ 、(3)磁場的強度  $B$ 、(4)電流方向與磁場方向的夾角  $\theta$ 。本實驗即利用改變這些參數，量測導線受力的大小。

## 2.4 直流馬達模型演示

馬達的旋轉原理的依據為佛來明左手定則或是安培右手開掌定則，當一導線置放於磁場內，若導線通上電流，則導線會切割磁場線使導線產生移動。電流進入線圈產生磁場，利用電流的磁效應，使電磁鐵在固定的磁鐵內連續轉動的裝置，可以將電能轉換成動能。與永久磁鐵或由另一組線圈所產生的磁場互相作用產生動力。

## 2.5 法拉第定律測量實驗

一線圈感應電勢的大小與線圈之匝數及穿過線圈之磁力線變化率成正比

$$e = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$N$ ：現圈扎數

$\Delta\phi$ ：穿過線圈之磁力線的增減數

$\Delta t$ ：磁力線變化之時間

式子中的負號並非法拉第提中，而是由冷次定律提供。從式中可知若磁力線變化時間越短，則產生的電動勢將會越大，這也是本項實驗中可進行量側的項目，若通過線圈的磁鐵，自由落下長度越長、通過速度越快，則產生的電動勢將越大。

## 2.6 冷次定律演示

根據冷次定律，假設在環圈導體的左邊有一塊永久磁鐵，其指北極指向環圈。假若，將磁鐵往環圈方向推進，則通過環圈的磁通

量會增強。根據冷次定律，從磁鐵往環圈看，感應電流會呈逆時針方向。這是因為呈逆時針方向的感應電流所產生的磁場，其方向跟磁鐵的磁場方向相反，會使得總磁場比磁鐵的磁場微弱，從而抵抗磁通量的改變。

## 2.7 跳環實驗

原理同冷次定律，此實驗僅為冷次定律的另一種現象呈現。

## 2.8 發電機演示

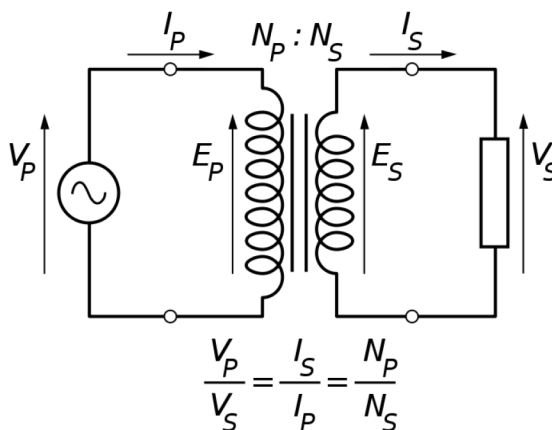
發電機是把動能或及其它形式的能量轉化成電能的裝置。一般的發電機是通過發動機先將各類一次能源蘊藏的能量轉換為機械能，然後通過發電機轉換為電能，經輸電、配電網絡送往各種用電場合。發電機與電動機基本原理相反。電動機是利用通入電流的線圈產生磁場而形成電磁鐵，以磁鐵間的磁力作用推動線圈作功，是運用「電流磁效應」原理將電能轉換功的裝置。發電機是利用各種動力（如水力、風力）使線圈在磁鐵的兩極間轉動；當線圈轉動時，線圈內的磁場改變，因此產生感應電流，是運用「電磁感應」原理將動力所作的功轉換成電能的裝置。

## 2.9 變壓器測量實驗

一個簡單的單相變壓器由兩塊導電體組成。當其中一塊導電體有一些不定量的電流（如交流電或脈沖式的直流電）通過，便會產生變動的磁場。根據電磁的互感原理，這變動的磁場會使第二塊導電體產生電勢差。假如第二塊導電體是一條閉合電路的一部份，那麼該閉合電路便會產生電流。電力於是得以傳送。在通用的變壓器中，有關的導電體是由（多數為銅質的）電線組成線圈，因為線圈所產生的磁場要比一條筆直的電線大得多。變壓器的原理是由變化的電壓加到原線圈在磁芯上產生變化的磁場，從而激發其他線圈產生變化的電動勢。原線圈、副線圈的電壓  $V_s, V_p$  和兩者的繞線的匝數  $N_s, N_p$  之間有正比的關係：至於變壓器兩方之間的電流或電壓比例，則取決於兩方電路線圈的圈數。圈數較多的一方電壓較高但電流較小，反之亦然。如果撇除洩漏等因素，

變壓器兩方的電壓比例相等於兩方的線圈圈數比例，亦即電壓與圈數成正比。以算式為：

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} C$$



## 2.10 電磁通信演示

當接收天線感測到電磁場的變化時，藉由改變電容或電感值，讓線路的振盪頻率與接收的信號頻率相同時，便可以逐次完全吸收接收到的訊號，訊號加強後便可以驅動喇叭而產生聲音，在此實驗裡則是將收到的聲音，再次透過線圈與線圈間的感應電動勢，形成無限傳輸的概念。

### 3 實驗器材



3.1 鋁製實驗平台 x1

3.2 鋁製活動實驗平台含 60cm 鐵棒及鋁製鐵棒固定滑塊 x1

3.3 正切電流計 x1

3.4 磁矩實驗器 x1

3.5 電流天平 x1

3.5.1 強力平行磁鐵組,磁距可調整以改變中心磁場強度

3.5.2 長直導線組,以  $\Phi 0.5\text{mm}$  漆包線繞製二矩型迴圈各繞 20 匝,產生 30/40/50/60mm 長度四段測試線段

3.5.3 隔磁用泡綿方塊 10x10x10cm

3.5.4 電子天平

3.5.5 導線迴圈用固定夾 x1

3.6 直流馬達模型 x1

3.6.1 強力磁鐵組,N S 磁極各置於鐵棒上分開的塑膠塊,

3.6.2 活動式漆包線迴圈,連接於 U 型支架上二導電端子

3.7 變壓器組 x1

3.7.1 線圈組,匝數 N:300 x1 N:900x1

3.7.2 鋁製變壓器固定架

3.7.3 EC 型高磁導率軟磁鐵氧體 x2

3.8 法拉第實驗用透明膠管 x1

3.9 冷次定律實驗用磁鐵 x1

3.10 冷次定律實驗用鋁管 x1

3.11 跳環實驗用鐵芯棒.固定環及鋁環 x1

3.12 膠管及鋁管兩用固定夾 x1

3.13 發電機模型用可旋轉強力磁場器 x1,及線圈鐵心 x2

3.14 收音機 x1

3.15 拾音喇叭 x1

3.16 連接導線 x4

3.17 聲音輸出線 x1

3.18 自備或選購

3.18.1 交直流電源供應器 x1

3.18.2 三用電錶 x1

3.18.3 電腦數據擷取器 x1

3.18.4 電壓感測器 x1

3.18.5 電流感測器 x1

## 4 實驗安裝、步驟與結果

### 4.1 以小磁棒磁力矩推測地磁

#### 4.1.1 如何安裝

4.1.1.1 將磁棒從塑膠罐中取出。如圖(1)、圖(2)



圖(1)



圖(2)

4.1.1.2 使指南針指指向零度方向，並且將指南針放置於鋁製實驗平台中心，且平台軸向與指南針呈垂直。如圖(3)



圖(3)

4.1.1.3 完成量測  $M/B$  值後，將塑膠環套至磁棒中心懸吊著。如圖(4)



圖(4)



## 4.1.2 操作步驟

4.1.2.1 完成安裝步驟後，將磁棒漸漸靠近指南針，並觀察磁針偏轉  $20^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $70^\circ$  時的磁棒距離(d)，並記錄下來。如圖(5)、圖(6)



圖(5)



圖(6)

4.1.2.2 變換磁棒方向，再重複第 4.1.2.1 步驟，再依照下式計算出 M/B 值。

$$\frac{M}{B} = \frac{(d^2 - l^2)^2 \tan \theta}{2d}$$

4.1.2.3 量得磁棒的長度(2l)、直徑(r)、質量( $m_0$ )求得圓柱體轉動慣量 I。

$$I_x = \frac{1}{2} m (3r^2 + (2l)^2)$$

4.1.2.4 利用一細線懸吊磁棒，並原位置旋轉磁棒，待磁棒旋轉趨向穩定時，紀錄磁棒在空氣中的簡諧震盪週期(T)，計算方式每完成 20、30、40 次震盪時所需時間，進而求出 MB。

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{MB}{I}}} \rightarrow MB = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

4.1.2.5 利用 4.1.2.2 與 4.1.2.4 聯立解出 B 數，並與理論值比較。

## 4.1.3 參考結果

$\theta$	距離 d(cm)		M/B		M/B 平均	M/B 總平均
	順向	逆向	順向	逆向		
20	19.8	18.9	1412.63	1213.20	1312.99	1492.43
30	17	17	1418.25	1396.26	1407.26	
40	15.5	15	1562.34	1387.80	1475.07	
50	13.9	13.6	1600.29	1462.65	1531.47	
60	12.4	12	1651.17	1450.09	1550.63	
70	11	10.5	1828.43	1526.02	1677.23	

次數	20 次	30 次	40 次
1	0.83	0.827	0.825
2	0.83	0.823	0.825
3	0.835	0.827	0.825
平均週期	0.832	0.826	0.825
總平均週期(T)	0.828		

量得磁棒長度  $2l=3\text{cm}$  磁棒重量  $m=4.36\text{g}$  磁棒半徑  $r=0.25\text{cm}$ ，可得轉動慣量(I)為

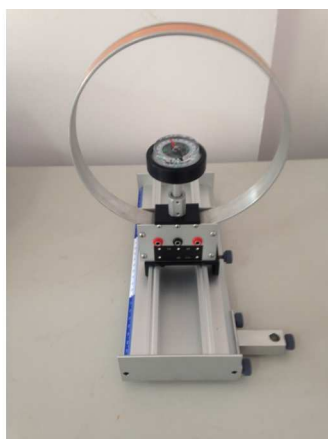
3.338125，進而求得  $MB=192.4968037$ ，與 M/B 平均值解出 B 值為 0.35914041 Gauss。

正切地磁量測值(Gauss)	正切地磁參考值(Gauss)	誤差(%)
0.35914	0.37185	3.418

## 4.2 以正切電流計測量地磁

## 4.2.1 如何安裝

4.2.1.1 將線圈置於基座上。如(圖 7)



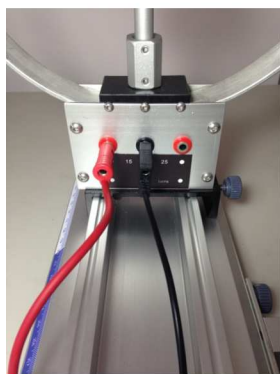
(圖 7)

4.2.1.2 將導線輸入端插上電源供應器，並且使用直流電模式。如(圖 8)

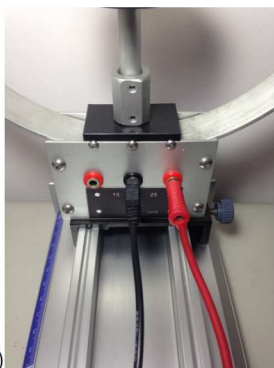


(圖 8)

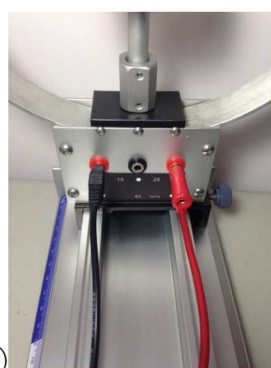
4.2.1.3 將輸出端插上線圈上指定扎數(N)。如(圖 9)至(圖 11)，分別為 15、25、40 扎。



(圖 9)

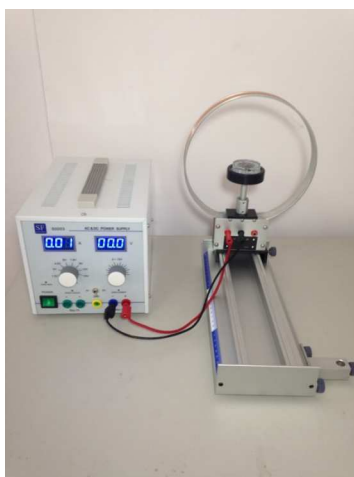


(圖 10)



(圖 11)

4.2.1.4 完成安裝示意圖。如(圖 12)

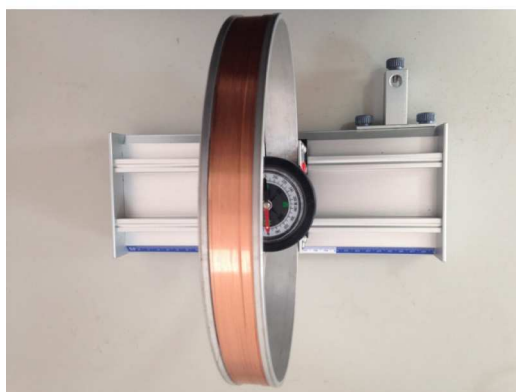


(圖 12)

## 4.2.2 操作步驟

4.2.2.1 循著安裝步驟完成安裝後，暫不啟動電源供應器，將指北針調整

至與線圈半徑平行。如(圖 13)



(圖 13)

4.2.2.2 開啟電源供應器開關，慢慢增加電流量(I)，觀察指針偏移量並記錄偏移角度( $\theta$ )。

4.2.2.3 量測線圈半徑(a)後，藉已知參數可由安培定律可算出外加磁場強度(B)，再使用向量合成計算出地磁強度( $B_G$ )。(此時所計算出的單位為 Tesla)

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2a} \qquad B_G = \frac{\mu_0 NI}{2a \tan(\theta)}$$

$a$  : 線圈半徑  $N$  : 線圈扎數  $I$  : 電流強度  $\mu_0$  : 真空導磁係數

### 4.2.3 參考結果

電流(A)	順時針偏轉角 (°)	電流(A)	逆時針偏轉角 (°)	平均電流(A)	平均偏轉角度(°)	量測地磁 $B_G$ (Gauss)
0.053	8	0.053	7	0.053	7.5	0.361
0.1	15	0.1	13	0.1	14	0.360
0.153	20	0.152	20	0.1525	20	0.377
0.201	26	0.2	25	0.2005	25.5	0.378
0.252	32	0.252	31	0.252	31.5	0.369
0.303	36	0.303	37	0.303	36.5	0.368
					平均地磁(Gauss)	0.369
			線圈扎數(N)	15	參考地磁(Gauss)	0.37185
			線圈半徑(m)	0.105	誤差(%)	0.785

### 4.2.4 注意事項

4.2.4.1 使用電源供應器時，應接地避免電荷累積觸電。

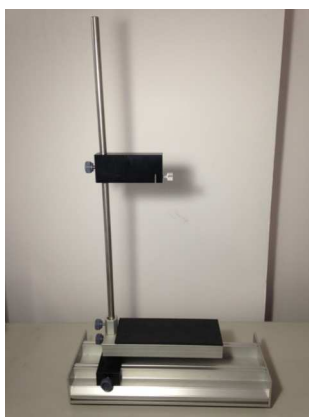
4.2.4.2 指北針受磁性材料影響，量測時除線圈以外，應儘量遠離磁性物質，避免誤差產生。

4.2.4.3 計算時注意單位轉換，如 Tesla 與 Gauss 關係。

## 4.3 電流天平測量實驗

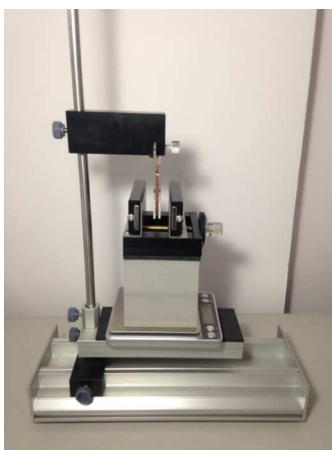
### 4.3.1 如何安裝

4.3.1.1 將平台、支架、線圈夾持器組裝起。如(圖 14)



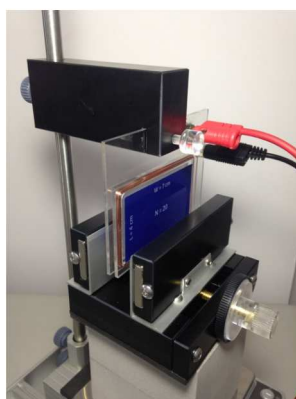
(圖 14)

4.3.1.2 將電子秤、泡綿、線圈與磁鐵放置平台上。如(圖 15)



(圖 15)

4.3.1.3 將線圈接上電線，正負極可自行決定，此僅影響電流方向。如(圖 16)



(圖 16)

4.3.1.4 將電線另一端接上電源供應器，並使用直流電模式。

## 4.3.2 操作步驟

4.3.2.1 安裝完成後，先將磁鐵間距調整至欲量測長度，由於已知磁鐵寬度則可查所對應的磁場大小。

4.3.2.2 將電子秤開啟並歸零。

4.3.2.3 緩慢地增加電流，記錄採集重量數據所對應的電流值(I)。

4.3.2.4 已知線圈長度(L)、磁場強度(B)、扎數(N)以及電流值(I)，則可利用勞倫茲力定律計算出理論力量值(F)。

$$\vec{F} = iN\vec{L} \times \vec{B}$$

i：電流 N：扎數 L：通過磁場線圈長度 B：磁場強度

4.3.2.5 比較由勞倫茲力定律計算出的力量值(F)，與天平上所量得之重量值。

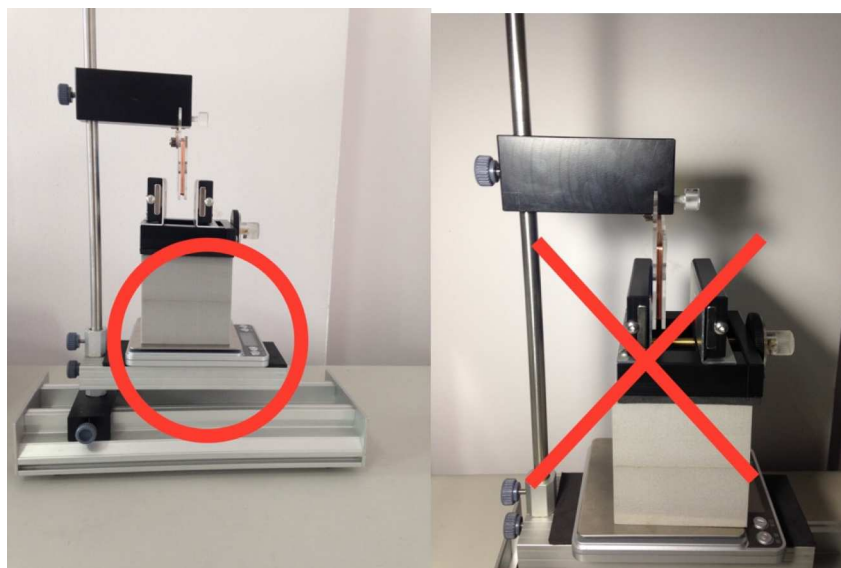
## 4.3.3 參考結果

磁鐵相距 0.027m (吸力)					
L=6.7cm			L=4.7cm		
F 受力(g)	電流(A)	磁場 B(T)	F 受力(g)	電流(A)	磁場 B(T)
5.32	0.5	1.588059701	4.43	0.51	1.848143513
10.28	0.98	1.565641182	8.5	1	1.808510638
15.57	1.5	1.549253731	12.67	1.5	1.797163121
20.82	2.01	1.546001337	16.87	2.01	1.785752091
25.69	2.49	1.539890907	20.98	2.5	1.785531915
30.94	3	1.539303483	25.15	3.01	1.77776207
磁場 B(T) Average		1.554691723	磁場 B(T) Average		1.800477224

磁鐵相距 0.027m (斥力)					
L=6.7cm			L=4.7cm		
F 受力(g)	電流(A)	磁場 B(T)	F 受力(g)	電流(A)	磁場 B(T)
5.37	0.5	1.602985075	4.41	0.51	1.83979975
10.6	1.01	1.566425299	8.57	1.01	1.805350748
15.63	1.51	1.544924385	12.68	1.51	1.786670424
20.63	1.99	1.547288682	16.96	2.02	1.786391405
25.89	2.5	1.545671642	20.98	2.51	1.778418242
30.92	2.99	1.543453302	25.02	3	1.774468085
磁場 B(T) Average		1.558458064	磁場 B(T) Average		1.795183109

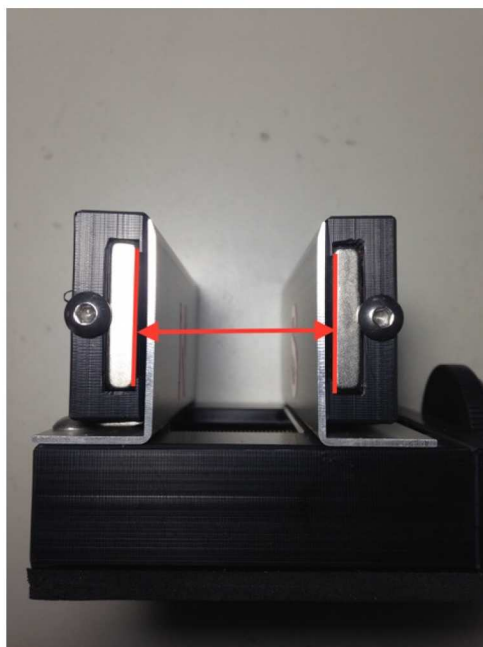
#### 4.3.4 注意事項

- 4.3.4.1 由於電子秤會受磁鐵干擾，因此磁鐵與電子秤間必須放置泡綿。
- 4.3.4.2 如果電流過大，容易導致線圈發熱，建議每測一組數據就關掉電源供應器休息冷卻。
- 4.3.4.3 由於兩磁鐵間距所對應磁場值，是在兩磁鐵間距中心測得，因此放置線圈時亦須在中心位置，以避免產生更大誤差。如(圖 17)



(圖 17)

- 4.3.4.4 兩磁鐵間距係指表面至表面的垂直距離，因此 L 型鋁片厚度以及間隙接需計入當中，免得產生更大誤差。如圖(18)



圖(18)



## 4.4 直流馬達模型演示

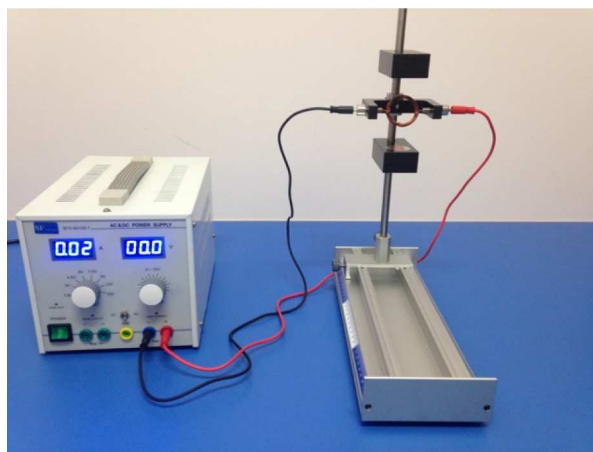
### 4.4.1 如何安裝

4.4.1.1 將磁鐵、線圈與平台組裝起來。如圖(19)



圖(19)

4.4.1.2 將電源供應器調至直流電模式，暫且先別開啟電源，並接上導線於線圈上。如圖(20)



圖(20)

### 4.4.2 操作步驟

4.4.2.1 完成安裝步驟後，將電源啟動，漸漸將電壓值增大，直到線圈開始轉動時停止增大電壓，若線圈不論電壓值如何上升多少皆不轉動，則需檢查是否兩側螺絲鎖過緊，又或者尚未構成迴路。

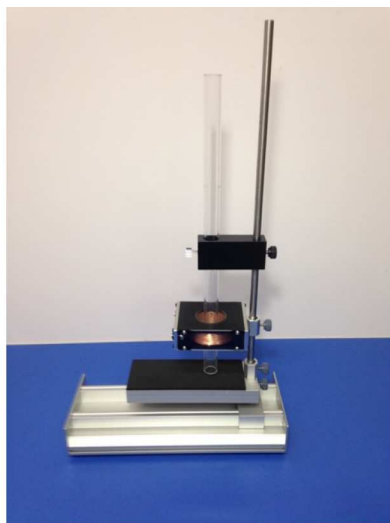
4.4.2.2 觀察運轉現象後，可將電流方向與磁鐵極性改變並觀察線圈轉

向。

## 4.5 法拉第定律測量實驗

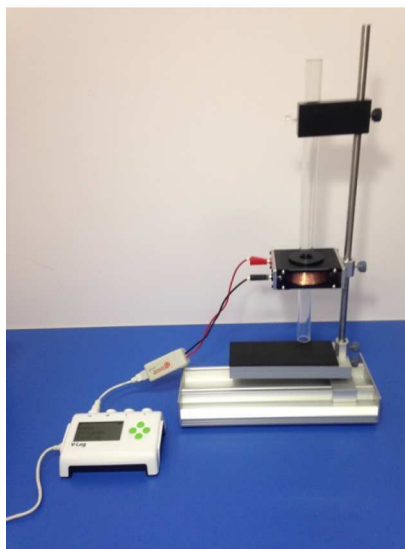
### 4.5.1 如何安裝

4.5.1.1 將線圈、塑膠管與平台組裝起來。如圖(21)



圖(21)

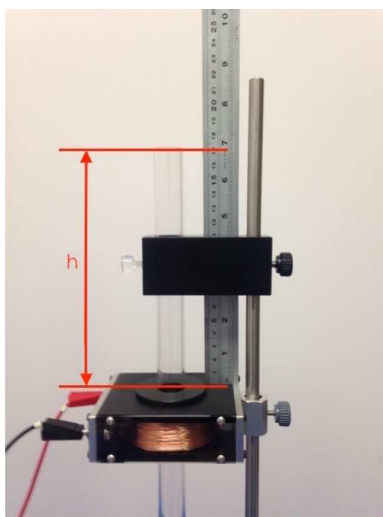
4.5.1.2 將電腦數據擷取器與電壓感測器，接上線圈輸出端口，並將擷取器與電腦相接。如圖(22)



圖(22)

### 4.5.2 操作步驟

4.5.2.1 先量測透明管頂端至線圈上方位置(h)如圖(23)。



圖(23)

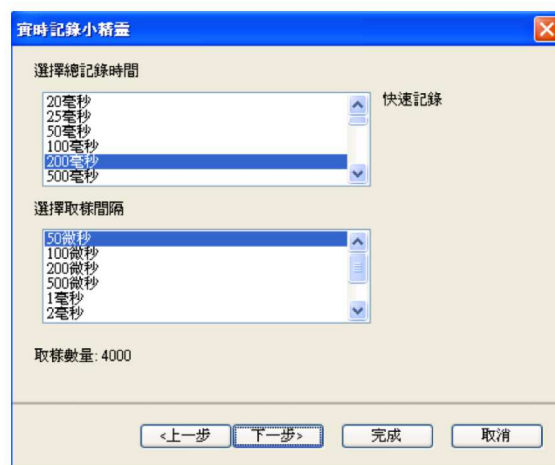
4.5.2.2 並將電腦妥善安裝 Data logger 電腦數據擷取器，在確定輸入端與輸出端皆已接妥後，開啟操作軟體，選擇「圖表模式」。如圖(24)



圖(24)

4.5.2.3 進入示波器模式介面之後，選定感應器位置，並按下一步。

4.5.2.4 設定總記錄時間 200 毫秒、取樣間隔 50 微秒後按下一步。如圖(25)



圖(25)

4.5.2.5 設定由數值水平觸動、通道選擇電壓、高於 100 mV、預觸動條件 50% 後按完成。如圖(26)



圖(26)

4.5.2.6 將磁鐵於透明管上方釋放，並將數據峰值結果記錄下來。

4.5.2.7 改變透明管上方至線圈中心距離，重複步驟 4.5.2.6，直至取得五組不同高度所對應的電壓峰值後可停止。

4.5.2.8 完成 4.5.2.7 後，將感測器改成電流計感應器，更改設定總記錄時間為 200 毫秒、取樣間隔 200 微秒後按下一步。

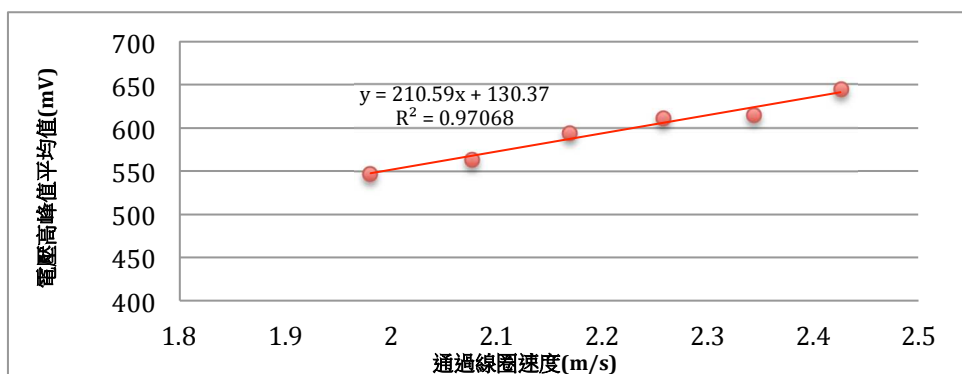
4.5.2.9 設定由數值水平觸動、通道選擇電流、高於 10 mA、預觸動條件 50% 後按完成。

4.5.2.10 改變透明管上方至線圈中心距離，重複步驟 4.5.2.6，直至取得五組不同高度所對應的電流峰值後可停止。

4.5.2.11 分析感應電壓、電流與磁鐵通過線圈中心速度的關係，此速度以自由落體公式  $u = \sqrt{2gh}$  取得速度  $u$ 。

### 4.5.3 參考結果

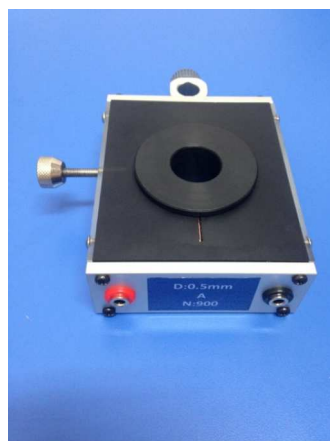
高度 h(m)	通過線圈速度(m/s)	電壓高峯值 1(mV)	電壓高峯值 1(mV)	電壓高峯值平均值(mV)	電壓高峯值差(mV)
0.2	1.980908882	520	574	547	54
0.22	2.077594763	538	589	563.5	51
0.24	2.169976958	570	618	594	48
0.26	2.258583627	585	637	611	52
0.28	2.343842998	597	632	614.5	35
0.3	2.426107994	627	661	644	34



## 4.6 冷次定律演示

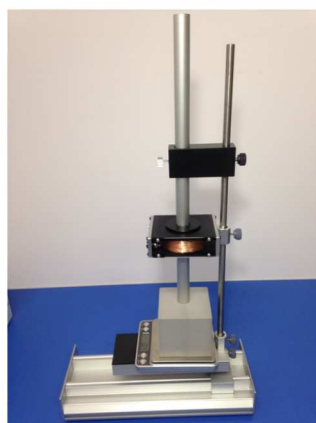
### 4.6.1 如何安裝

4.6.1.1 先選定線圈扎數後，將管套套入線圈中心。如圖(27)



圖(27)

4.6.1.2 將實驗平台組起，鋁管僅被支架支撐住，不可被螺絲拴緊。如圖(28)



圖(28)

## 4.6.2 操作步驟

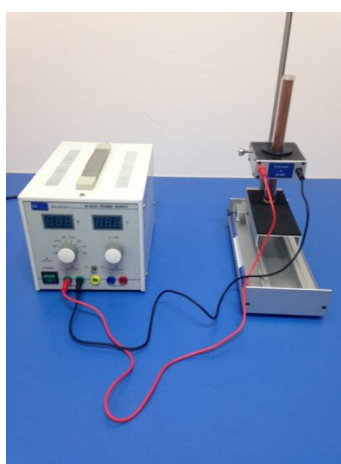
4.6.2.1 完成安裝步驟後，將泡綿下方電子秤電源開啟。

4.6.2.2 將磁鐵從鋁管上方丟入管內，並觀察秤上讀值。

## 4.7 跳環實驗

### 4.7.1 如何安裝

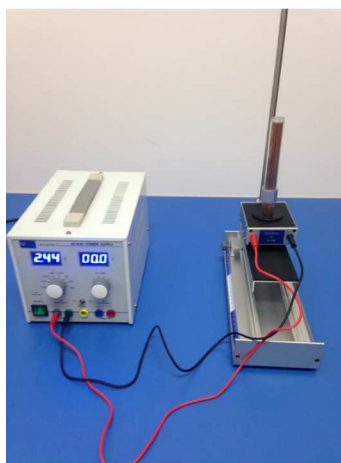
4.7.1.1 將實驗平台架起。選用交流電源供應模式，並使用導線與線圈連接。如圖(29)



圖(29)

### 4.7.2 操作步驟

4.7.2.1 完成安裝步驟後，將鋁環套入金屬棒中，並開啟電源供應器電源，調整輸入電壓，觀察鋁環震盪的高度。若鋁環不論電壓多少皆不跳動，嘗試撥動鋁圈。如圖(30)



圖(30)

4.7.2.2 將每個電壓值，所對應鋁圈的震盪高度記錄下來。

### 4.7.3 參考結果

線圈	電壓(V)	電流(A)	高度(CM)
N260	12	2.45	2.5
N260	15	2.96	4.5
N420	12	1.26	0.6
N420	15	1.51	2

## 4.8 發電機演示

### 4.8.1 如何安裝

4.8.1.1 將線圈鐵心放置線圈內，並用螺絲將線圈鎖緊避免鬆拖（因重力方向關係，僅有一個線圈需要使用螺絲鎖著）。如圖(31)



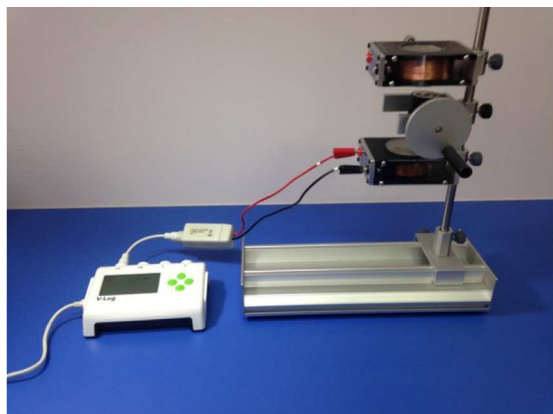
圖(31)

4.8.1.2 線圈、可旋轉強力磁場器固定於平台上方。如圖(32)



圖(32)

4.8.1.3 將 Data logger 電腦數據擷取器接上電壓感知器，並接至選定的線圈輸出端。如圖(33)



圖(33)

## 4.8.2 操作步驟

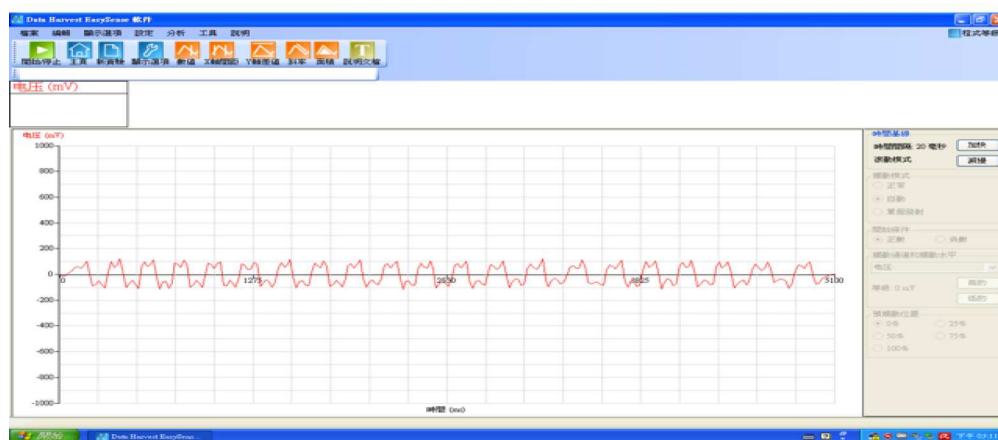
4.8.2.1 完成安裝步驟後，將電腦妥善安裝 Data logger 電腦數據擷取器，在確定輸入端與輸出端皆已接妥後，開啟操作軟體，選擇「示波器模式」。

4.8.2.2 進入示波器模式介面之後，選定感應器位置，並按下一步，於左上方按下「開始」。

4.8.2.3 開始轉動可旋轉強力磁場器，並觀察示波器上的輸出電壓。

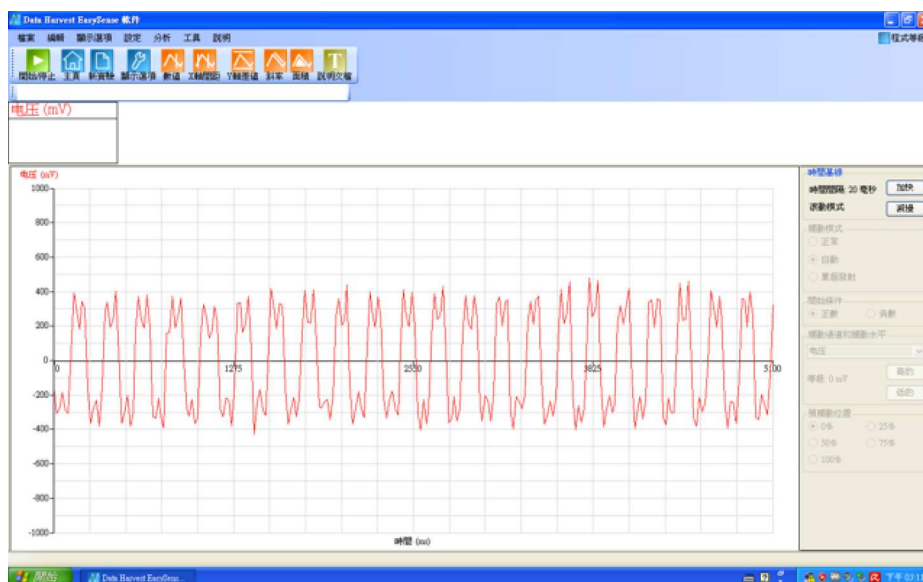
4.8.2.4 改變不同扎數的線圈作為電壓輸出端，並重複步驟 4.8.2.3，觀察輸出電壓與扎數的關係。

## 4.8.3 參考結果



輸出線圈為 300 扎



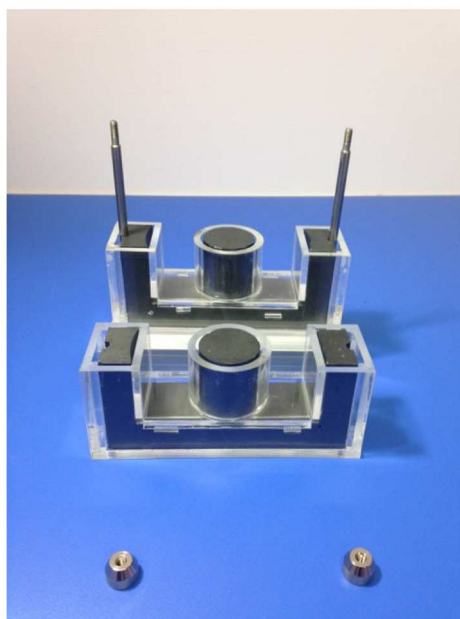


輸出線圈為 900 扎

## 4.9 變壓器測量實驗

### 4.9.1 如何安裝

4.9.1.1 先將鋁製變壓器固定架上方螺絲鬆開。如圖(34)

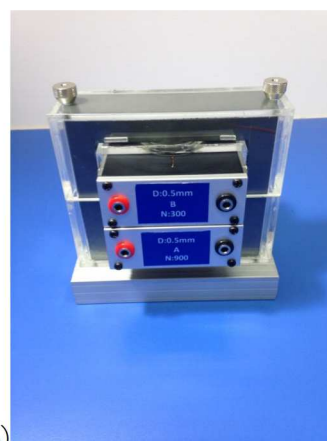


圖(34)

4.9.1.2 將現圈置入鋁製變壓器固定架中並鎖上螺絲。如圖(35)至圖(36)

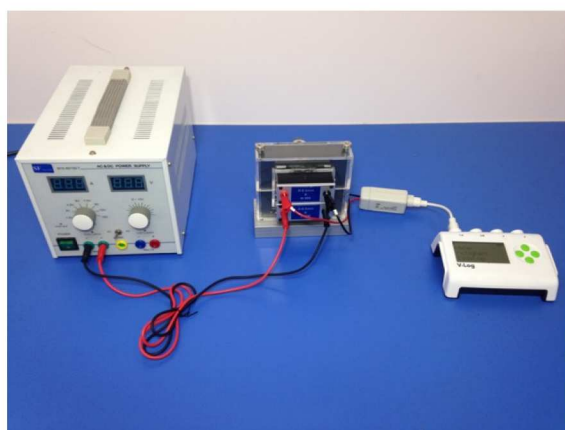


圖(35)



圖(36)

4.9.1.3 將 Data logger 電腦數據擷取器接上電壓感知器，並接至指定輸出線圈端口；交流電源供應器使用連接線，與指定輸入線圈連接。如圖(37)

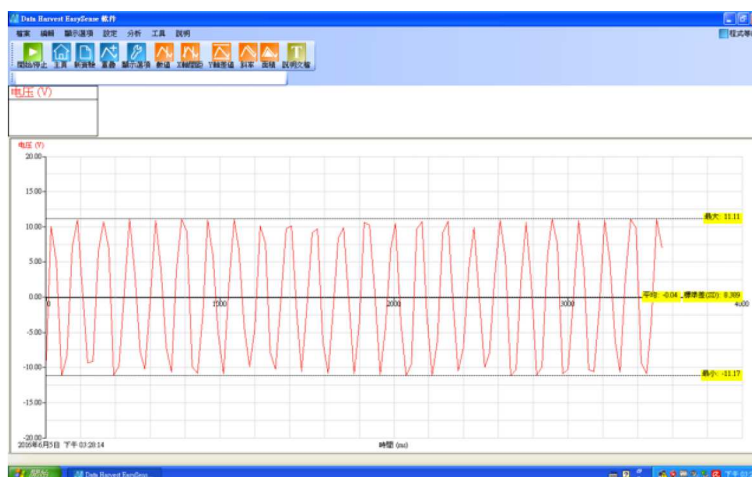


圖(37)

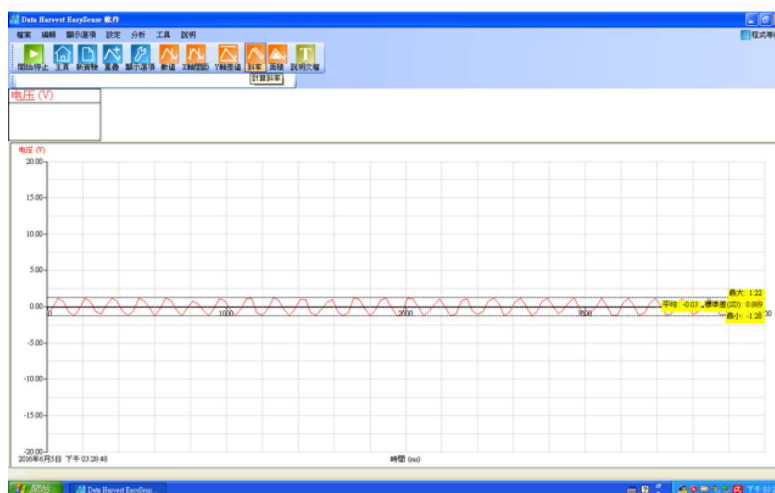
## 4.9.2 操作步驟

- 4.9.2.1 完成安裝步驟後，將電腦妥善安裝 Data logger 電腦數據擷取器，在確定輸入端與輸出端皆已接妥後，開啟操作軟體，選擇「示波器模式」。
- 4.9.2.2 進入示波器模式介面之後，選定感應器位置，並按下一步，於左上方按下「開始」。
- 4.9.2.3 開啟電源供應器電源，並選定輸入電壓，觀察輸出電壓與輸出電壓間，所對應的線圈扎數關係。

### 4.9.3 參考結果



輸入線圈扎數為 300，輸出線圈扎數為 900。

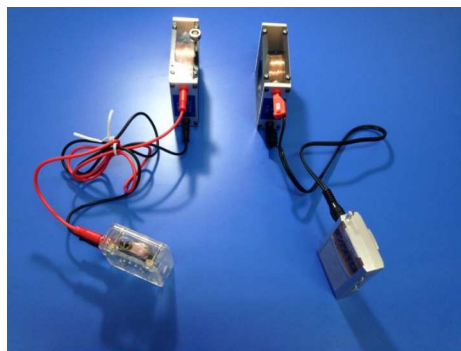


輸入線圈扎數為 900，輸出線圈扎數為 300。

## 4.10 電磁通信演示

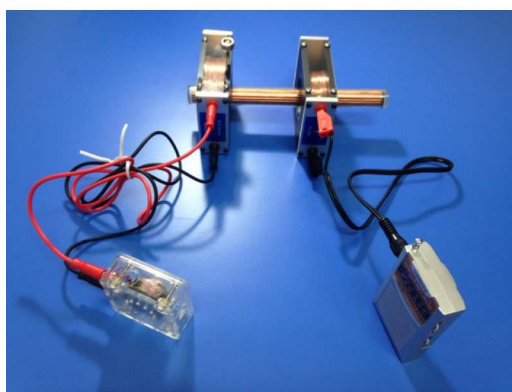
### 4.10.1 如何安裝

- 4.10.1.1 先把音源線一端與收音機相接，另一端與輸入線圈相接；把連接導線一端與音響相接，另一端與輸出線圈相接。如圖(38)



圖(38)

4.10.1.2 將鐵棒置入兩線圈中心。如圖(39)



圖(39)

#### 4.10.2 操作步驟

4.10.2.1 完成安裝步驟後，將收音機電源開啟，並選定欲收聽頻道。

4.10.2.2 調整兩線圈距離，並觀察音響是否有聲音，以及聲音與距離、有無鐵棒的關係。