

## 實驗九 磁通量計與互感

### 一、實驗目的

Faraday 定律之應用，並製作磁通量計與量測互感。

### 二、實驗儀器 (請參閱附錄 I)

名稱	數量	名稱	數量	名稱	數量
檢流計	1	長導線 (30 公分)	3	磁鐵	1
示波器	1	螺線管(大小各一)	1	電源供給器	1
信號產生器	1	萬用板	1		
可變電阻	2	三用電表	1		

### 三、實驗理論：

#### 1. 電磁感應：

根據 Faraday 定律，沿一任意之封閉迴路上的感應電動勢  $\varepsilon$ ，其大小與通過此迴路的磁通量對時間的變率成正比，感應電動勢的取向在於反抗磁通量的變化，

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt} \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

通常任意密閉迴路上之感應電動勢  $\varepsilon$  的起源可來自時變磁場、時變迴路面積或磁場與迴路面積方向的時變夾角，當然上述起源的任意組合亦為可能。

#### 2. 磁通量計 (flux meter)

磁通量計是一種度量磁通量的儀表，它是由一個探圈 (search coil) 及一個雙向檢流計串聯而成，如果通過探圈的磁通量隨時間而變，探圈上有一感應電動勢  $\varepsilon$  產生，

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

此電動勢會推動電路上的電子而產生電流，檢流計因而偏轉。通常檢流計的反應時間  $\tau$

遠較磁通量的變化時間長，電動勢只在很短的時間內作用於線圈上，對檢流計而言，相當於受一衝量的作用，所產生的最大偏角  $\Delta\theta$  和作用於檢流計兩端的電動勢成正比，也和作用的時間成正比，

$$\Delta\theta \propto \varepsilon\Delta t = \Delta\Phi_B$$

因此偏轉角與磁通量的改變  $\Delta\Phi_B$  成正比。

### 3. 互感 (mutual inductance)

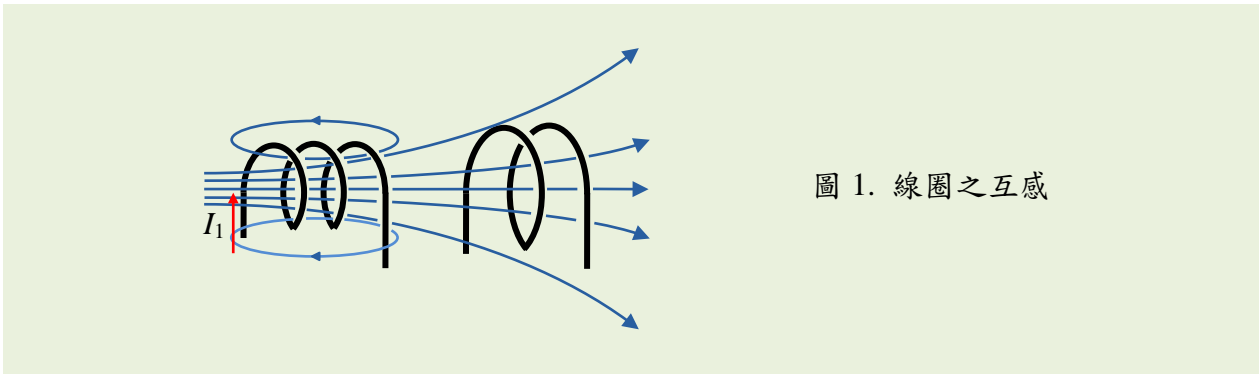


圖 1. 線圈之互感

考慮如圖 1 所示之兩線圈，線圈 1 其匝數為  $N_1$  且通以  $I_1$  之電流，當磁力線通過匝數為  $N_2$  之線圈 2 時，在線圈 2 中之磁通量表為  $\Phi_{12}$ ，於是線圈 2 相對於線圈 1 之互感  $M_{12}$  為：

$$M_{12} = \frac{N_2\Phi_{12}}{I_1}$$

若  $I_1$  電流隨時間變化，根據 Faraday 定律可知線圈 2 中由線圈 1 引發之感應電動勢  $\varepsilon_2$  為：

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi_{12}}{dt} = -N_2 \frac{d}{dt} \left( \frac{M_{12}I_1}{N_2} \right) = -M_{12} \frac{dI_1}{dt}$$

反之，若  $I_2$  電流隨時間變化，則線圈 1 中由線圈 2 引發之感應電動勢  $\varepsilon_1$  為：

$$\varepsilon_1 = -M_{21} \frac{dI_2}{dt}$$

且  $M_{12} = M_{21} \equiv M$

#### 四、實驗內容：

1. 分別用磁鐵與螺線管作為磁場源，設計一簡單磁通量計來證實 Faraday 定律。
  - (1) 檢流計極易損壞，故接線時一定要將此因素列入考慮。
  - (2) 用三用電表量測螺線管的電阻，並記錄其電阻 = \_\_\_\_\_  $\Omega$ ，請仔細思考如何將直流電源或交流電源接上螺線管而不會損壞電源？
  - (3) 設計實驗方法步驟驗證方程式 (1) 所述感應電動勢  $\varepsilon$  可源至  $\mathbf{B}(t)$ ， $\mathbf{A}(t)$  的敘述。
2. 用您們桌上的儀器找出兩螺絲管間的互感。

註：標明其單位，另  $M_{12} = M_{21} \equiv M$  是否正確？
3. 是否能用你們自製的磁通量計來測得探圈與螺線管的互感？不論你的答案為何，請明確的敘述你的理由。如何【校準】你製做的簡易磁通量計？

## 實驗九 磁通量計與互感

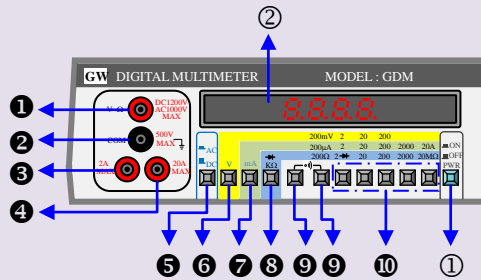
組別：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 同組同學姓名：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_\_ 教師簽署：\_\_\_\_\_

### 一、實驗記錄

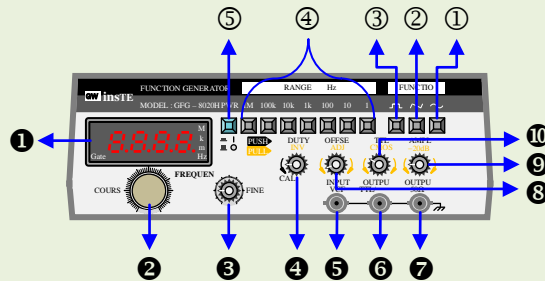
1. 請繪出磁通量計之設計方塊圖。
2. 螺線管的電阻 = \_\_\_\_\_  $\Omega$ ，請說明你如何將電源接上去而不會損壞電源？
3. 說明你所設計用以驗證方程式 (1) 所述感應電動勢  $\varepsilon$  可源自  $\mathbf{B}(t)$ ， $\mathbf{A}(t)$  的實驗方法步驟。
4. (1) 繪出量測兩螺線管間的互感之方塊圖。  
  
(2)  $M$  之單位為 \_\_\_\_\_，(3)  $M_{12} =$  \_\_\_\_\_，(4)  $M_{21} =$  \_\_\_\_\_，(5)  $M_{12} = M_{21}$  是否正確？。
5. 是否能用你自製的磁通量計來測得探圈與螺線管的互感？不論你的答案為何，請明確的敘述你的理由。如何【校準】你製做的簡易磁通量計？

## 附錄 I



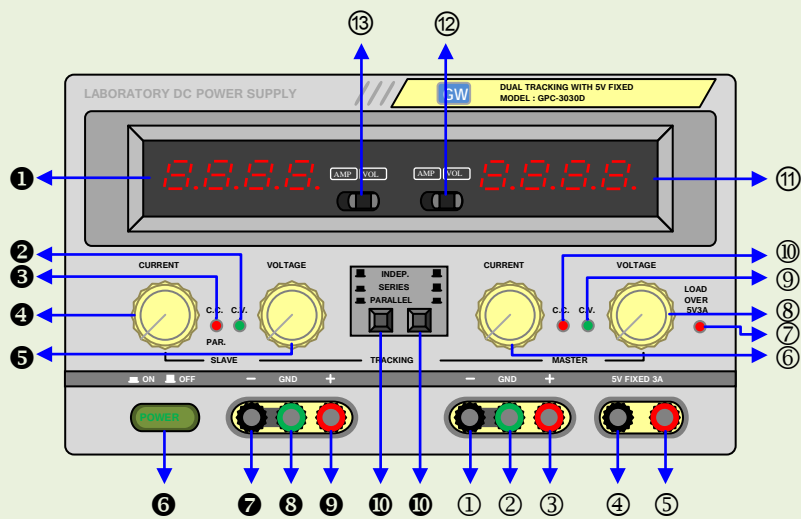
### 數位式三用電表

- |                |               |                                 |
|----------------|---------------|---------------------------------|
| ① 電壓/電阻量測輸入插孔  | ⑤ AC/DC 量測選擇鈕 | ⑨ 警示聲( $\sigma < 1\text{moh}$ ) |
| ② 接地輸入插孔       | ⑥ 電壓量測選擇鈕     | ⑩ 量測範圍選擇鈕                       |
| ③ 2A 電流量測輸入插孔  | ⑦ 電流量測選擇鈕     | ① 電源開關                          |
| ④ 20A 電流量測輸入插孔 | ⑧ 電阻量測選擇鈕     | ② 顯示幕                           |



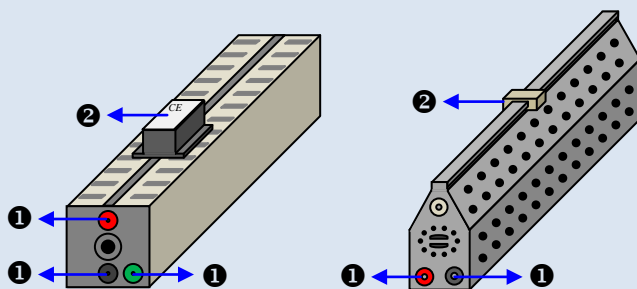
### 訊號產生器

- |                                    |                 |               |
|------------------------------------|-----------------|---------------|
| ① 顯示幕                              | ⑥ TTL/CMOS 輸出插孔 | ⑩ ▼TTL 輸出調整旋鈕 |
| ② 粗調旋鈕                             | ⑦ 輸出阻抗 50Ω 輸出插孔 | ▲CMOS 輸出調整旋鈕  |
| ③ 微調旋鈕                             | ⑧ ▼直流抵補旋鈕       | ① 正弦波選擇鈕      |
| ④ ▼工作週期旋鈕                          | ▲直流抵補開關         | ② 三角波選擇鈕      |
| ▲校正旋鈕                              | ⑨ ▼振幅調整旋鈕       | ③ 方波選擇鈕       |
| ⑤ VCF 輸入插孔<br>(Voltage Cont. Freq) | ▲衰減 20dB        | ④ 頻率範圍選擇鈕     |
|                                    |                 | ⑤ 電源開關        |



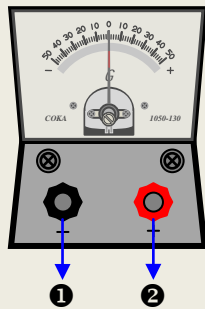
主從式雙直流電源供應器

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| ① 從動電源電壓/電流顯示幕   | ③ 主動電源 "+" 輸出插孔   |
| ② 從動電源定電壓工作模態顯示燈 | ④ 5V 電源 "-" 輸出插孔  |
| ③ 從動電源定電流工作模態顯示燈 | ⑤ 5V 電源 "+" 輸出插孔  |
| ④ 獨立模式從動電源電流調整鈕  | ⑥ 獨立模式主動電源電流調整鈕   |
| ⑤ 獨立模式從動電源電壓調整鈕  | ⑦ 5V 電源過負載指示燈     |
| ⑥ 電源開關           | ⑧ 獨立模式主動電源電壓調整鈕   |
| ⑦ 從動電源 "-" 輸出插孔  | ⑨ 主動電源定電壓工作模態顯示燈  |
| ⑧ 接地插孔           | ⑩ 主動電源定電流工作模態顯示燈  |
| ⑨ 從動電源 "+" 輸出插孔  | ⑪ 主動電源電壓/電流顯示幕    |
| ⑩ 雙電源工作模式選擇鈕     | ⑫ 主動電源電壓/電流顯示選擇開關 |
| ① 主動電源 "-" 輸出插孔  | ⑬ 從動電源電壓/電流顯示選擇開關 |
| ② 接地插孔           |                   |



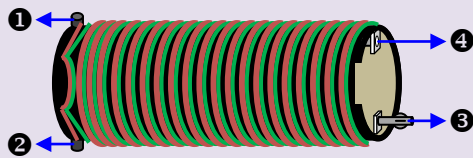
可變電阻

- ① 導線插孔
- ② 電阻變化滑扭



### 檢流計

- ① “-” 輸入插孔
- ② “+” 輸入插孔



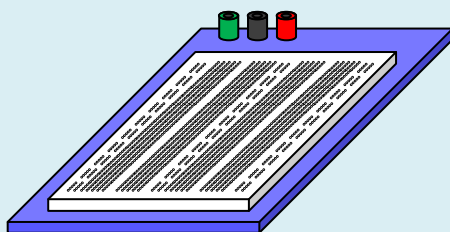
### 粗螺線管

- ① 導線插孔 ③ 螺線管插銷
- ② 導線插孔 ④ 螺線管插孔



### 細螺線管

- ① 導線插孔 ③ 螺線管插銷
- ② 導線插孔 ④ 螺線管插孔



萬用板



磁鐵