

實驗五 運動所產生之電磁感應

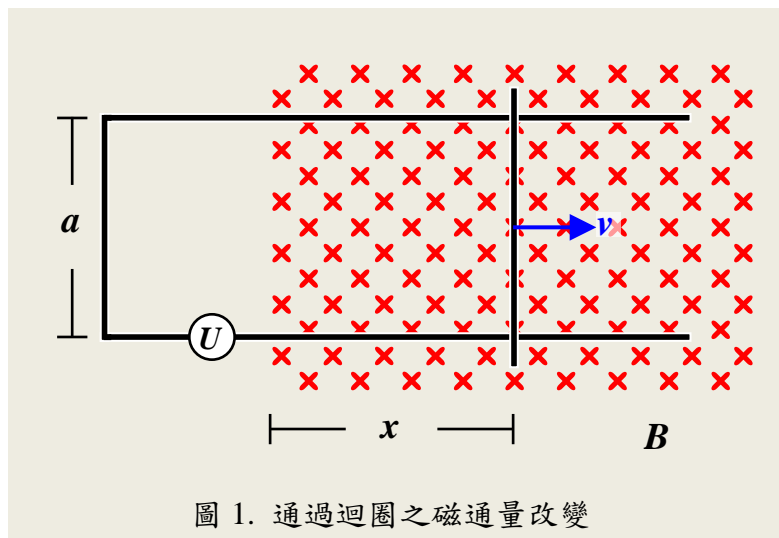
一、實驗內容

測量運動導體迴圈通過磁場時的所產生之感應電壓(motional emf)與運動速度、迴圈圈數之函數關係並比較感應電壓極性與運動方向之關係。

二、實驗儀器 (請參閱附錄 I)

| 名稱 | 數量 | 名稱 | 數量 | 名稱 | 數量 |
|--------|----|----------|----|----|----|
| 感應裝置組合 | 1 | DC 電源供應器 | 1 | 碼錶 | 1 |
| 三用電表 | 1 | | | | |

三、實驗理論



如圖 1，有一個寬度 a 之 U 形導體上有另一金屬棒構成迴路線圈，線圈平面垂直於磁場 B ，通過線圈的磁通量 ϕ 為：

$$\phi = Bax \dots\dots\dots (1)$$

假設金屬棒以速度向右運動，則磁通量對時間之變化率為

$$\frac{d\phi}{dt} = Ba \frac{dx}{dt} = Bav \dots\dots\dots (2)$$

根據法拉第感應定律，感應電壓 U 為

$$U = -\frac{d\phi}{dt} = -Bav \dots\dots\dots (3)$$

在本實驗裡，我們用 N 個線圈去架構方形迴路，因此感應電壓為

$$U = -N \frac{d\phi}{dt} = -NBav \dots\dots\dots (4)$$

由方程式(4)可知，當磁場為一定值時，感應電壓 U 與迴圈數 N 、運動速度 v 成正比，假如迴路的運動方向與原來相反則感應電壓的正負亦將相反。

四、實驗步驟

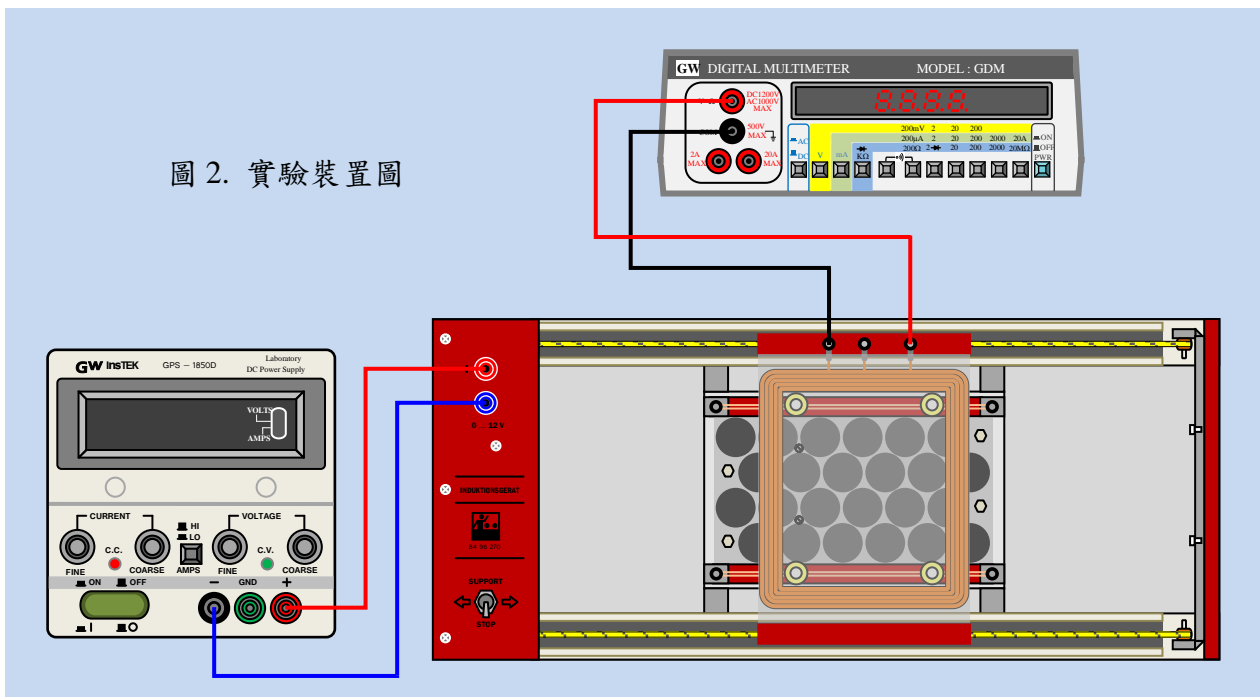


圖 2. 實驗裝置圖

1. 參考圖 2 將實驗儀器架設完成。
 - (1) 將磁鐵平台放在感應裝置組合中。
 - (2) 放置線圈框架在感應裝置組合上。
 - (3) 用導線連接感應裝置組合和電源供應器。

4. 將導線插入 $N = 2400$ 線圈選擇插孔後接上數位式三用電錶，將數位式三用電錶的檔位設在 DC 200 mV。
5. 慢慢地增加電源供應器的操作電壓直到輸送帶開始慢慢地以等速運動(此時電壓為啟動電壓)，此時數位式三用電錶之讀數即為感應電壓 U ，記錄電壓。
6. 記錄線圈移動的距離 L 與碼錶量測的時間 t ， L/t 即為速度 v 。
7. 變化電源供應器輸出從最鄰近啟動電壓之整數電壓(例如啟動電壓 = 1.2 V，則最鄰近之整數電壓為 2 V) 起至 10 V，每次增加電壓 1 V，記錄不同的速度 v 與所量測之感應電壓 U ，完成表 1。
8. 將導線改插入 $N = 1600$ 線圈選擇插孔後，重覆步驟 5~7，完成表 2。
9. 將導線改插入 $N = 800$ 線圈選擇插孔後，重覆步驟 5~7，完成表 3。
10. 向有使用高斯計作實驗之同學借高斯計量測磁鐵平台之磁場強度 $B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
11. 請自行設計實驗步驟完成感應電壓極性與運動方向之關係。

實驗五 運動所產生之電磁感應

組別：_____ 姓名：_____ 同組同學姓名：_____

日期：_____ 教師簽署：_____

實驗記錄

線圈寬度 $a =$ _____

表 1 $N = 2400$

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| DC 電壓 (V) | | | | | | | | | | |
| 速度 v (mm/s) | | | | | | | | | | |
| 感應電壓 U (mV) | | | | | | | | | | |

表 2 $N = 1600$

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| DC 電壓 (V) | | | | | | | | | | |
| 速度 v (mm/s) | | | | | | | | | | |
| 感應電壓 U (mV) | | | | | | | | | | |

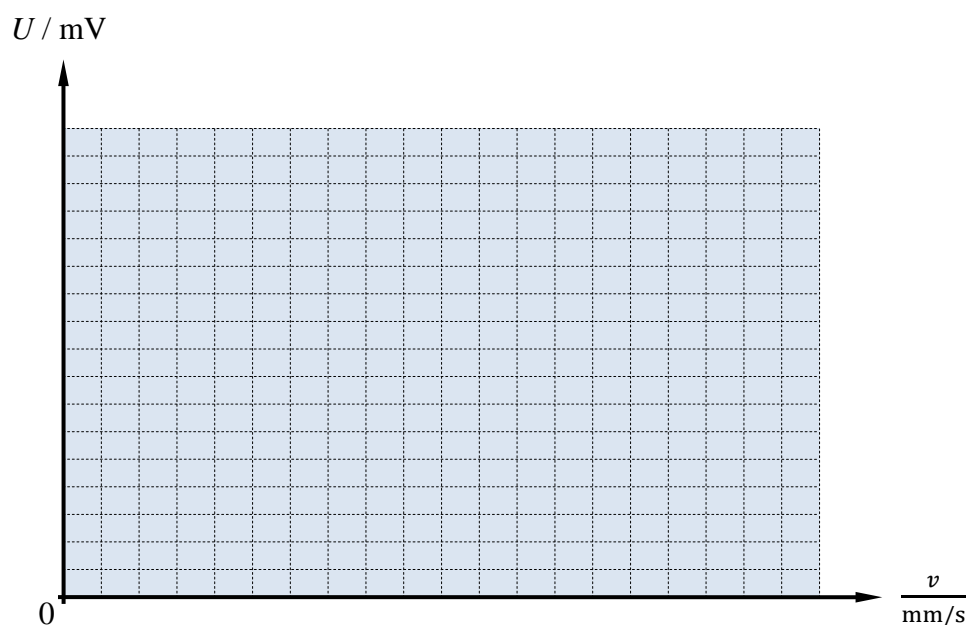
表 3 $N = 800$

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| DC 電壓 (V) | | | | | | | | | | |
| 速度 v (mm/s) | | | | | | | | | | |
| 感應電壓 U (mV) | | | | | | | | | | |

磁鐵平台之磁場強度 $B =$ _____ T

1. 感應電壓 U 和速度 v 之關係

根據表 1~3，繪出 $N = 2400$ 、 $N = 1600$ 、 $N = 800$ 之 $U-v$ 圖。



問題 1：此三組函數圖是否通過原點？為什麼？

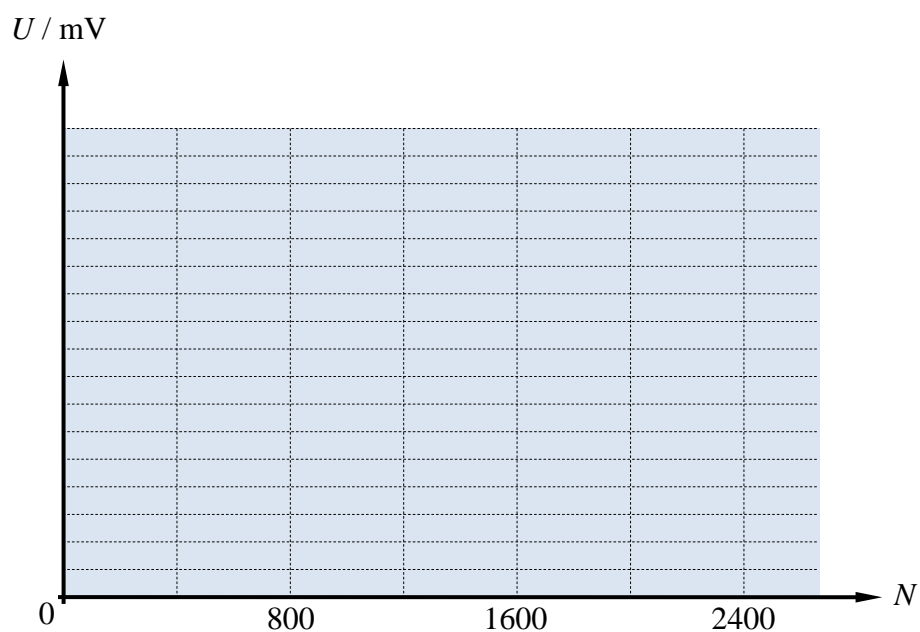
問題 2：此三組函數圖是否可驗證方程式(4)？為什麼？

問題 3：此三組函數其斜率比 $S_{2400}:S_{1600}:S_{800}$ 為何？為什麼？

問題 4：請藉由上圖計算磁場 B 之強度為何？與你所量得之磁場有何差異？為什麼？

2. 感應電壓 U 和圈數 N 之關係

根據表 1~3，以不同之色筆繪出在各不同之速度下之 $U-N$ 圖組。



問題 1：此函數圖組是否通過原點？為什麼？

問題 2：此函數圖組是否可驗證方程式(4)？為什麼？

問題 3：此函數圖組中之斜率其意義為何？

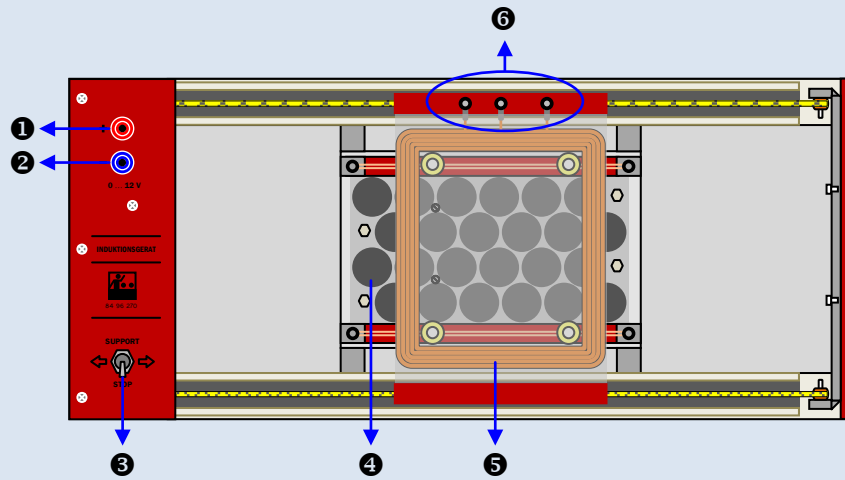
問題 4：由上圖中所計算磁場 B 之強度為何？與你由 $U-v$ 圖所計算磁場強度有何差異？為什麼？

問題 5：由上圖中所計算磁場 B 與你所量得之磁場有何差異？為什麼？

3. 感應電壓極性與運動方向之關係

請說明你所設計的實驗步驟、理由與實驗結果。

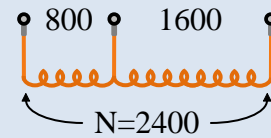
附錄 I



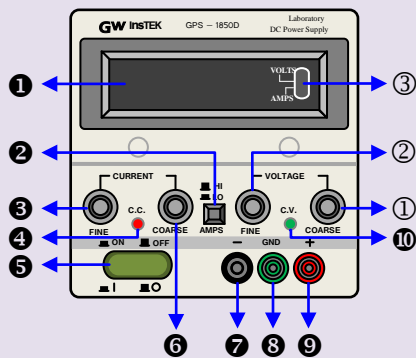
感應裝置組合

- ① DC “+” 電源插孔 ④ 磁鐵平台
- ② DC “-” 電源插孔 ⑤ 線圈平台
- ③ 運動方向選擇鈕 ⑥ 線圈數選擇插孔

線圈數選擇插孔



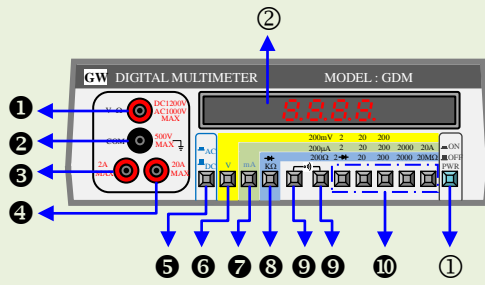
iNSTEMK GPS-1850D DC 電源供應器



- ① 輸出電流顯示幕 ⑧ 接地插孔
- ② 高/低電流輸出選擇鈕 ⑨ 輸出 “+” 插孔
- ③ 輸出電流微調旋鈕 ⑩ 電壓工作模式指示燈
- ④ 電流工作模式指示燈 ① 輸出電壓粗調旋鈕
- ⑤ 電源開關 ② 輸出電壓微調旋鈕
- ⑥ 輸出電流粗調旋鈕 ③ 輸出顯示選擇鍵
- ⑦ 輸出 “-” 插孔

註：最大輸出電壓 $V_{\max} = 18\text{ V}$ ；最大輸出電流 $I_{\max} = 5\text{ A}$

高電流輸出：0 ~ 額定電流；低電流輸出：0 ~ 1/2 額定電流



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 | ⑪ 電源開關 |
| ④ 20A 電流量測輸入插孔 | ⑧ 電阻量測選擇鈕 | ⑫ 顯示幕 |