

107 學年度臺北市  
高級中學數理及資訊學科能力競賽複賽  
物理科實驗試題

競賽日期：2018.11.11

競賽編號：\_\_\_\_\_

題 目	得 分
第一部份（6 分）	
第二部份（10 分）	
第三部份（14 分）	
第四部份（10 分）	
總 分（40 分）	

## 壹、注意事項：

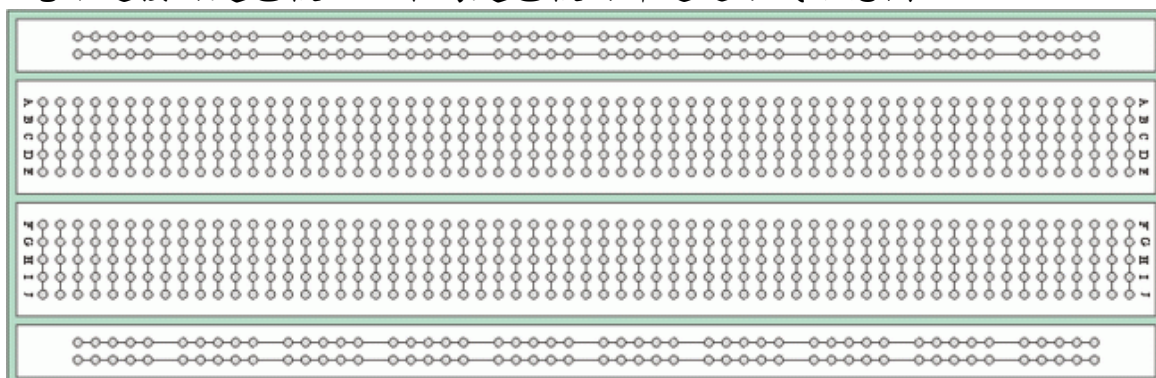
1. 實驗報告含封面、器材清單、實驗題目、答案紙(方格紙)，實驗報告請撰寫於答案紙上。
2. 實驗題共四部份：填空題請直接填答；實驗題報告內容應包含：
  - i) 實驗裝置簡圖及操作簡述。
  - ii) 使用表格記錄測得的數據，並依題意進行推算轉換。
  - iii) 繪出數據圖，並視需要做線性迴歸分析。
  - iv) 根據數據圖，提出討論與說明。
3. 實驗操作之評審主要依據實驗報告評分，所以務必在報告中詳細記載各項內容。
5. 數據分析應記錄於報告紙中，報告紙背面也可以書寫，但請註明，同時表格也要清楚。
6. 測驗時間 8:40 ~ 12:00。

## 貳、實驗器材：（請先清點器材。若有不足，請立即告知監試老師）

器材名稱	數量	器材名稱	數量
固定式電阻器(水泥電阻)	1 個	塑膠游標尺	1 支
可調變式電阻器	1 個	橘色細導線	8 條
電池+電池盒	1 套	圓柱形永久磁鐵	1 個
三用電表	1 個	燈泡座	1 個
霍爾感測計+電池盒(內裝電池)	1 套	小燈泡	1 個
電路連接用麵包板	1 個	磁性螺絲	1 個
香蕉接頭-鱷魚接頭導線	1 對	紙膠帶	1 捲
白色紙板	1 片	雙面膠帶	1 捲
固定接線的夾子	4 個		

## 器材說明：

1. 電路連接用麵包板，以下為麵包板內部連通方式示意圖：



2. 可調變式電阻器（簡稱”可變電阻”）：

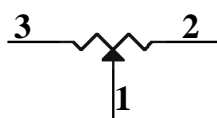


圖 可變電阻(上)與示意圖(下)，其中編號 1 為電阻可變端點，編號 2、3 為電阻固定端點，而旋鈕作為調變。

◎注意：可變電阻若將旋鈕旋轉到底，將會有其中兩編號端點的電阻值接近短路狀態，在此狀態下通以電流容易將可變電阻損壞，所以請勿在旋鈕旋至底的狀態下使用。（若將可變電阻旋到底，請往回轉約 5 度左右，再使用）

3. 多功能電表：於本實驗中可”分別”用來量測電阻、電壓、以及電流三種功能的儀器。請先確認要使用的功能，連接出正確的電路，再將單香蕉接線插入對應其功能的接孔中，打到此功能的檔位區域；檔位代表的是能夠測量的最大值，請嚴格遵守由數值較大的檔位開始換檔，停在最多有效數字的檔位紀錄量測結果，並請記得紀錄檔位的幕次和單位。過

程中若螢幕顯示 1. (如下一頁測電阻照片中的電表螢幕顯示)，或 -1.，則代表超過所打檔位的上限，請盡快移除電源或將檔位打向大的檔位區域或關閉電表，若超過上限過久，會使電表失去功能。電表不使用的時候，請將電表旋鈕停在關機。以下是各種功能的接線插孔和功能旋鈕的照片示意圖。



多功能電表:電阻測量時的旋鈕區域與接線插孔



多功能電表:直流電壓測量時的旋鈕區域與接線插孔

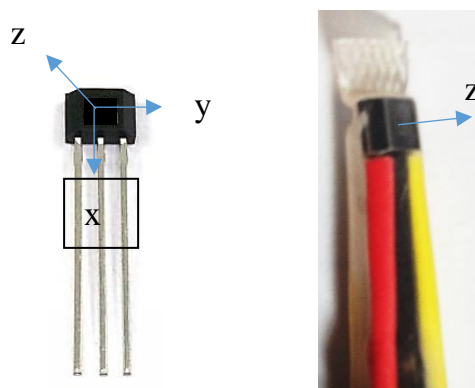


多功能電表:直流電流測量時的旋鈕區域與接線插孔

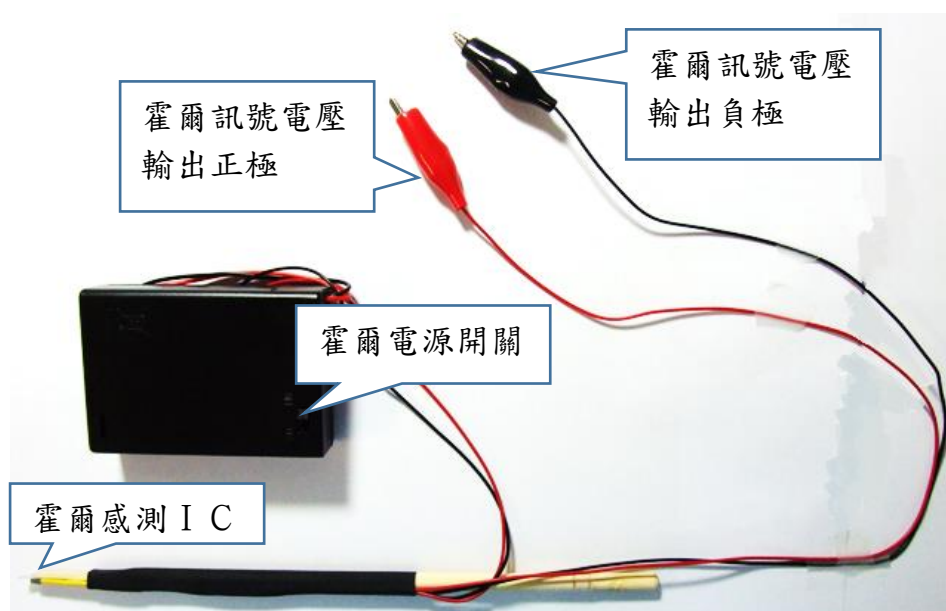


多功能電表:較大電流(>200mA)測量時的旋鈕位置與接線插孔

4. 霍爾感測計:主要由霍爾感測 IC、電源和訊號輸出接線製作而成，以下為說明照片：



左圖:霍爾感測 IC 照片，右圖:霍爾感測 IC 封裝後的照片



霍爾感測計裝置照片

## 參、實驗說明：

本實驗：電性與磁性量測 分為以下四部份進行。請仔細閱讀後，把握時間進行實驗，並作答於答案卷上，量測數據圖請繪於答案卷的方格紙上。

### 第一部份：基本電阻量測

- (a) 使用三用電表直接量測所提供之“固定式電阻器(水泥電阻)”之電阻值為多少？  
電阻值=\_\_\_\_\_ (請直接填入答案，無需作圖或說明)
- (b) 使用三用電表直接量測“可調變式電阻器”之電阻值。嘗試轉鈕在不同旋轉角度下，你所量測到的最小電阻=\_\_\_\_\_，最大電阻=\_\_\_\_\_ (請直接填入答案，無需作圖或說明)

### 第二部份：小燈泡的 I-V 量測

- (a) 將“電池盒”、“固定式電阻器”、“可調變式電阻器”、“小燈泡”串聯後，適當調整“可調變式電阻器”之電阻值，量測並記錄“小燈泡”相對應之電流(I)及電壓(V)值。(註：電流變化範圍，最小必須達約 30 mA，最大必須達約 130 mA。)
- (b) 將上述“小燈泡”相對應之電流(I)及電壓(V)值繪製成 I-V 圖。(註：I 值取為 x-軸，V 值取為 y-軸。)
- (c) 討論上述 I 與 V 呈現何種相關性？是否符合歐姆定律？
- (d) 已知“小燈泡”內為金屬鎢絲，若你的 I-V 圖顯示 I 與 V 不符合歐姆定律，請解釋其可能的物理原因。



### 第三部份：霍爾感測計之校正與使用

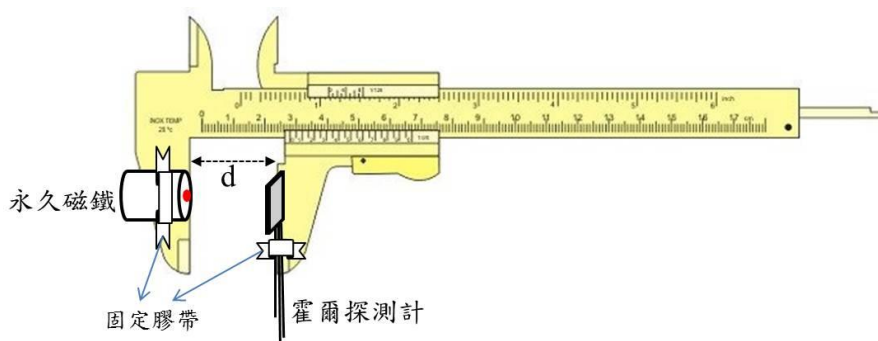
霍爾感測計是一種量測磁場大小量值的感測計，它需要外加直流電源，所以使用時請將電池盒開關打開。霍爾感測計在使用時，會因外加垂直磁場(磁場方向應垂直感測計黑色前端之平面)的存在而產生電壓，稱為霍爾電壓。量測霍爾電壓時，請注意將霍爾感測計的正(紅)、負(黑)接頭正確地接入三用電表的電壓正、負插孔。

#### (1) 霍爾感測計之校正：

- (a) 將霍爾感測計的電源端上電池盒開關打開，兩個訊號輸出端接上電壓計(三用電表)，並切於 20 V 檔位。(註：請注意正、負接頭。)
- (b) 記錄在無外加磁場  $B=0$  的情況下(地磁可忽略)，霍爾感測計的讀值為多少 V? \_\_\_\_\_ (請直接填入你的讀值，無需作圖或說明)
- (c) 已知霍爾感測計的讀值與外加磁場  $B$  為線性關係，並且在外加磁場  $B=500$  高斯時，霍爾感測計的讀值為 3.55 V。請利用上述條件與(b)的讀值，繪出霍爾感測計讀值與外加磁場  $B$  的線性關係圖。(註：霍爾感測計讀值取為 x-軸，外加磁場  $B$  取為 y-軸。)

#### (2) 永久磁鐵的磁場分布：

- (a) 將霍爾感測計電源打開及接上三用電表伏特檔後，靠近圓柱形的永久磁鐵(S 極)，逐步改變霍爾感測計與永久磁鐵表面之間的距離  $d$ ，列表記錄間距  $d$  及所對應量到的霍爾感測計的輸出電壓  $V$ 。建議  $d$  值取在 8~25 mm 範圍。(請注意：霍爾感測計用於量測垂直於其平面方向的磁場。建議依下圖將霍爾感測計與永久磁鐵分別固定於游標尺的固定端與游標端，可便利調控間距  $d$ 。詳見圖三-1 所示。)
- (b) 利用上一小題(1)霍爾感測計讀值對磁場  $B$  的校正圖，將霍爾感測計的輸出電壓  $V_H$  換算成磁場  $B$ 。
- (c) 將間距  $d$  換算為霍爾感測計與永久磁鐵中心之距離： $D = d + (1/2)(\text{永久磁鐵長度})$ 。假設永久磁鐵的磁場分布在距離  $D \geq 14 \text{ mm}$  時，為  $B = B_c/D^n$  的數學函數形式，其中  $B_c$  為常數。繪出以間距  $\log(D)$  為 x 軸， $\log(\text{磁場 } B)$  為 y 軸的數據圖，並估計出  $n = ?$



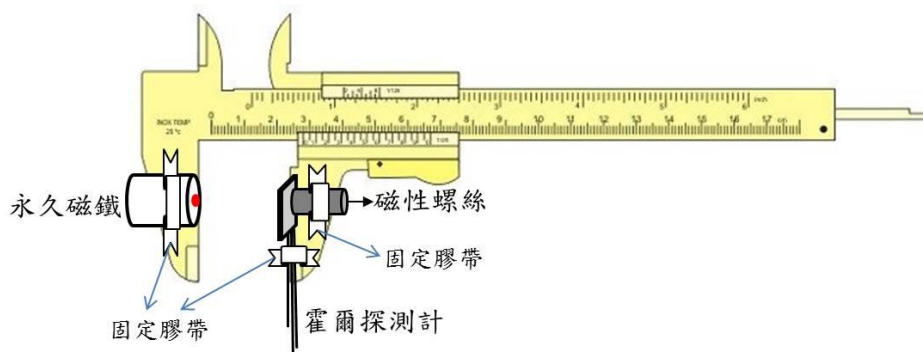
圖三-1

## 第四部份：磁性材料的量測

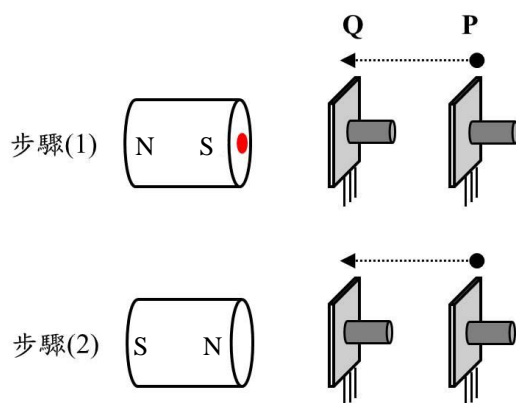
霍爾感測計不只能量測到永久磁鐵產生的外加磁場強度，同時也能感測到鄰近其他磁性材料所產生的磁場強度。因此只要扣去已知的永久磁鐵磁場背景值，我們即可得知待測磁性材料隨外加磁場變化下所對應產生的磁性變化，進而確認其磁性行為。

(建議：可將霍爾感測計與永久磁鐵分別固定於游標尺的固定端與游標端，便利調控間距  $d$ 。詳見圖四-1 所示。)

- (1)
  - (a) 如圖四-1 所示，將待測磁性螺絲用膠帶固定緊靠在霍爾感測計表面。
  - (b) 如圖四-2 所示，將霍爾感測計放置於在永久磁鐵 S 極(已標示紅點)面前方 20 mm 處(P 點)，然後逐步移動到 Q 點(距離 S 極面前方 5 mm)。由 P 點移動到 Q 點的過程中，每移動 1 mm 記錄其  $d$  值(霍爾感測計與永久磁鐵之間的距離)，與當時所量測到的霍爾感應電壓  $V_H$ 。然後將  $V_H$  換算成磁場強度  $B$ 。
  - (c) 移除磁性螺絲後，重複(b)步驟以量測永久磁鐵在  $d=5-20$  mm 處產生的背景磁場  $B_0$ 。
- (2)
  - (a) 180 度翻轉永久磁鐵磁極方向，使永久磁鐵 N 極面向霍爾感測計。
  - (b) 重複上述(1)-(b)(c)的量測方式，記錄其  $d$  值(霍爾感測計與永久磁鐵之間的距離)，與當時量測到的霍爾感應電壓  $V_H$ 。
- (3) 將(1)-(2)的霍爾感測計量測結果  $B$  (有放置磁性螺絲) 扣去該位置  $d$  的背景磁場值  $B_0$  (只有永久磁鐵的)，得到磁性螺絲所造成的磁場貢獻  $\Delta B = B - B_0$ 。繪出以永久磁鐵背景磁場  $B_0$  值為 x 軸，磁性螺絲所產生的磁場  $\Delta B$  值為 y 軸的數據圖，並嘗試說明磁性螺絲所產生的磁場貢獻( $\Delta B$ )如何受到外加磁場  $B_0$  的影響。



圖四-1



圖四-2



## 實驗測量與報告(答案卷) 第一部份：基本電阻量測

(a) 使用三用電表直接量測所提供之“固定式電阻器(水泥電阻)”之電阻值為多少?  
電阻值=\_\_\_\_\_ (請直接填入答案，無需作圖或說明)

(b) 使用三用電表直接量測“可調變式電阻器”之電阻值。嘗試轉鈕在不同旋轉角度下，你所量測到的最小電阻=\_\_\_\_\_，最大電阻=\_\_\_\_\_ (請直接填入答案，無需作圖或說明)

## 實驗測量與報告(答案卷) 第二部份：小燈泡的 I-V 量測

- (a) 將“電池盒”、“固定式電阻器”、“可調變式電阻器”、“小燈泡”串聯後，適當調整“可調變式電阻器”之電阻值，量測並記錄“小燈泡”相對應之電流(I)及電壓(V)值。  
(註:電流變化範圍，最小必須達約 30 mA，最大必須達約 130 mA。)
- (b) 將上述“小燈泡”相對應之電流(I)及電壓(V)值繪製成 I-V 圖。(註: I 值取為 x-軸，V 值取為 y-軸。)
- (c) 討論上述 I 與 V 呈現何種相關性？是否符合歐姆定律？
- (d) 已知“小燈泡”內為金屬鎢絲，若你的 I-V 圖顯示 I 與 V 不符合歐姆定律，請解釋其可能的物理原因。

## 實驗測量與報告(答案卷) 第三部份：霍爾感測計之校正與使用(1/2)

### (1) 霍爾感測計之校正:

- (a) 將霍爾感測計的電源端上電池盒開關打開，兩個訊號輸出端接上電壓計(三用電表)，並切於 20 V 檔位。(註：請注意正、負接頭。)
- (b) 記錄在無外加磁場  $B=0$  的情況下(地磁可忽略)，霍爾感測計的讀值為多少 V?  
\_\_\_\_\_ (請直接填入你的讀值，無需作圖或說明)
- (c) 已知霍爾感測計的讀值與外加磁場  $B$  為線性關係，並且在外加磁場  $B = 500$  高斯時，霍爾感測計的讀值為 3.55 V。請利用上述條件與(b)的讀值，繪出霍爾感測計讀值與外加磁場  $B$  的線性關係圖。(註：霍爾感測計讀值取為 x-軸，外加磁場  $B$  取為 y-軸。)

### (2) 永久磁鐵的磁場分布:

- (a) 將霍爾感測計電源打開及接上三用電表伏特檔後，靠近圓柱形的永久磁鐵(S 極)，逐步改變霍爾感測計與永久磁鐵表面之間的距離  $d$ ，列表記錄間距  $d$  及所對應量到的霍爾感測計的輸出電壓  $V$ 。建議  $d$  值取在 8 ~ 25 mm 範圍。(請注意：霍爾感測計用於量測垂直於其平面方向的磁場。建議依下圖將霍爾感測計與永久磁鐵分別固定於游標尺的固定端與游標端，可便利調控間距  $d$ 。詳見圖三-1 所示。)
- (b) 利用上一小題(1)霍爾感測計讀值對磁場  $B$  的校正圖，將霍爾感測計的輸出電壓  $V_H$  換算成磁場  $B$ 。
- (c) 將間距  $d$  換算為霍爾感測計與永久磁鐵中心之距離:  $D = d + (1/2)(\text{永久磁鐵長度})$ 。 \_  
假設永久磁鐵的磁場分布在距離  $D \geq 14$  mm 時，為  $B = B_c / D^n$  的數學函數形式，其中  $B_c$  為常數。繪出以間距  $\log(D)$  為 x 軸， $\log(\text{磁場 } B)$  為 y 軸的數據圖，並估計出  $n = ?$

實驗測量與報告(答案卷) 第三部份：霍爾感測計之校正與使用(2/2)

## 實驗測量與報告(答案卷) 第四部份：磁性材料的量測(1/2)

- (1) (a) 如圖四-1 所示，將待測磁性螺絲用膠帶固定緊靠在霍爾感測計表面。  
(b) 如圖四-2 所示，將霍爾感測計放置於在永久磁鐵 S 極(已標示白點)面前方 20 mm 處 (P 點)，然後逐步移動到 Q 點(距離 N 極面前方 5 mm)。由 P 點移動到 Q 點的過程中，每移動 1 mm 記錄其 d 值(霍爾感測計與永久磁鐵之間的距離)，與當時所量測到的霍爾感應電壓  $V_H$ 。然後將  $V_H$  換算成磁場強度 B。  
(c) 移除磁性螺絲後，重複(b)步驟以量測永久磁鐵在  $d=5-20$  mm 處產生的背景磁場  $B_0$ 。
- (2) (a) 180 度翻轉永久磁鐵磁極方向，使永久磁鐵 N 極面向霍爾感測計。  
(b) 重複上述(1)-(b)(c)的量測方式，記錄其 d 值(霍爾感測計與永久磁鐵之間的距離)，與當時量測到的霍爾感應電壓  $V_H$ 。
- (3) 將(1)-(2)的霍爾感測計量測結果 B (有放置磁性螺絲) 扣去該位置 d 的背景磁場值  $B_0$  (只有永久磁鐵的)，得到磁性螺絲所造成的磁場貢獻  $\Delta B = B - B_0$ 。繪出以永久磁鐵背景磁場  $B_0$  值為 x 軸，磁性螺絲所產生的磁場  $\Delta B$  值為 y 軸的數據圖，並嘗試說明磁性螺絲所產生的磁場貢獻( $\Delta B$ )如何受到外加磁場  $B_0$  的影響。



實驗測量與報告(答案卷) 第四部份：磁性材料的量測(2/2)