電磁學實驗四　滑線電位計

1.目的：

(1)學習測量中補償的概念與方法。

(2)測量電池的電動勢。

2.原理：

使用伏特計測量電池端電壓時，由於電流 I 通過電池時，內阻產生電位降 Ir，使測得的是電位差 $V=\varepsilon_x - Ir$，而不是電動勢 ε_x。滑線電位計用一個可調節電動勢 ε 的電源與待測電動勢 ε_x 反向串聯(如圖 4-1)，調 ε 使 ε_x ＝ε 時，通過電池的電流為零，這種方法稱為補償法，ε 與 ε_x 互相補償，電路在補償態。通過電池的電流為零，不會因內阻而影響測量結果。

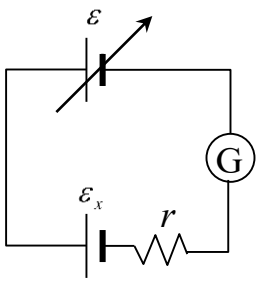

圖 4-1

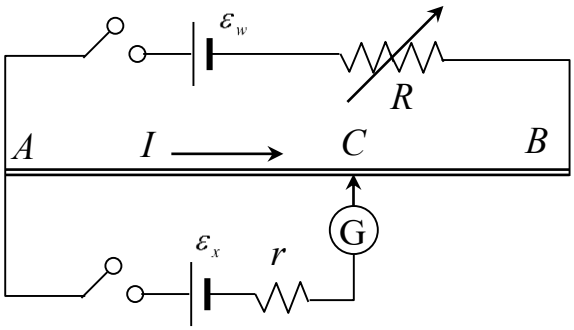

圖 4-2

滑線電位計的線路如圖 4-2，$\overline{AB}$ 為均勻的電阻線，電阻與長度成正比，ε_w 為工作電動勢，藉調整可變電阻 R 提供適當的電流 I 通過電阻線 $\overline{AB}$，待測電池 ε_x 一端接 A 點，另一端為活動接點，接在 $\overline{AB}$ 之間某一點 C。在工作電動勢 ε_w 及電阻 R 的輔助之下，電阻線 $\overline{AB}$ 相當於可調電源。設 $\overline{AB}$ 單位長度的電阻為 k，$\overline{AB}$ 長 l，則在 $\varepsilon_x < Ikl$ 的條件下，$\overline{AB}$ 之間必有一點 C，距離 A 點 x，滿足 $\varepsilon_x = Ikx$。當活動接點在 C 時，$\overline{AC}$ 的電位差與待測電動勢 ε_x 互相補償，通過待測電池的電流為零，用一個檢流計可以檢驗補償條件是否滿足。

3.儀器：

(1) 滑線電阻（底板、電阻線、米尺）

(2) 直流電源(ε_w)

(3) 十進電阻箱二個

(4) 待測電池(ε_x)

(5) 標準電池(ε_s)

(6) 檢流計(G)。

4.步驟：

注意：1.檢流計有三個按鈕，依次為低、中、高靈敏度，每次檢流時先按低靈敏度鈕，若指針有偏轉，不可按其他鈕，應調 C 點位置，直到指針不動，才可按中靈敏度鈕。同理，調到中靈敏度指針不動才可按高靈敏度鈕。

2.切勿利用三用電表量測標準電池電壓

(1) 裝置線路如圖 4-2，打開直流電源開關，設定 ε_w 為 3.0V。

(2) 調整可變電阻 R 為 1Ω，使通過檢流計 G 的電流為零，讀取 $\overline{AC}$ 之值，記錄 x、ε_x、ε_w、R 及於表 4-1。一直到實驗結束，ε_w 及 R 不可改變，除非有問題(1)的狀況。

(3) 調整可變電阻 R 為 2Ω 及 3Ω，重覆步驟(2)。

(4) 固定可變電阻 R 為 3Ω，將待測電池 ε_x 更換為標準電池 ε_s，使通過檢流計 G 的電流為零，讀取 $\overline{AC}_{(e_s)}$ 之值，與步驟(3)所得之 $\overline{AC}_{(e_x)}$ 值比較，利用長度比等於電壓比的關係式即 $\overline{AC}_{(e_s)}$ ： $\overline{AC}_{(e_x)} = \varepsilon_s$ ： ε_x ，求得待測電池 ε_x 的電動勢。

(5) 固定可變電阻 R 為 3Ω，在待測電池 ε_x 兩端接上另一可變電阻 R' ，

$R' = \{1,2,3....10,15,20....50,60,70.....100\}$ Ω，如圖 4-3，用步驟(2)的方法，測量不同 R'值時電池的端電壓 V。

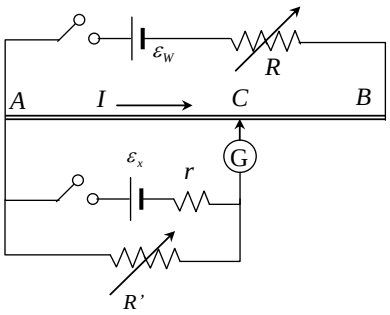

圖 4-3

5.實驗紀錄：

表 4-1

ε_w (Volt) :		實際 k(Ω/cm) :	
R(Ω)	x(cm)	I(A)	k(Ω/cm) :
ε_s (Volt) :	$\overline{AC}_{(e_s)}$:	ε_x (Volt) :	$\overline{AC}_{(e_x)}$:

表 4-2

R'(Ω)	x(cm)	V(Volt)	$1/R'$(1/Ω)	$1/V$(1/Volt)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
60				
70				
80				
90				
100				

6.數據處理：

(1)用步驟(3)的數據計算比例常數 k。

(2)用步驟(4)的數據計算 $\frac{1}{R'}$ 及 $\frac{1}{V}$，以 $\frac{1}{R'}$ 為橫軸，$\frac{1}{V}$ 為縱軸作圖，應為線性關係，將直線外插到 $\frac{1}{R'} \to 0$，則縱軸截距為 $\frac{1}{\varepsilon_x}$，求出 ε_x。直線應通過 $(\frac{1}{R'}, \frac{1}{V}) = (\frac{1}{r}, \frac{2}{\varepsilon_x})$，找出此點，計算 r 值。直線斜率為 $\frac{r}{\varepsilon_x}$，由斜率計算 r，並驗證 ε_x 之值(利用線性迴歸分析，以趨勢線求得斜率及截距)。

7.問題：

(1)若步驟(4)中找不到補償狀態，可能的原因是甚麼？應如何處理？能達到電位補償的條件是甚麼？

(2)為何步驟(3)完成之後，直到實驗結束不可改變 ε_w 及 R？

(3)當圖 4-3 中通過 G 的電流為零時，求電池端電壓 V 與電阻 R 的關係，證明 $\frac{1}{R'}$ 及 $\frac{1}{V}$ 關係圖之縱軸截距為 $\frac{1}{\varepsilon_x}$，直線斜率為 $\frac{r}{\varepsilon_x}$。

(4)用電表測量的電池電壓相當接近其電動勢 ε_x，何故？

(5)哪些因素決定滑線電位計的準確性？

8.參考資料與延伸閱讀

(1) Serway's principles of physics, 4th edition, ISBN 0-534-49605-9, Chapter 21.6

(2) Physics: Calculus, by Eugene Hecht, 2nd edition, ISBN 0-534-36270-2, Chapter 18.1-18.3

(3) College Physics, by Paul Peter Urone, 2nd edition, ISBN 0-534-37688-6, Chapter 20.4-20.5

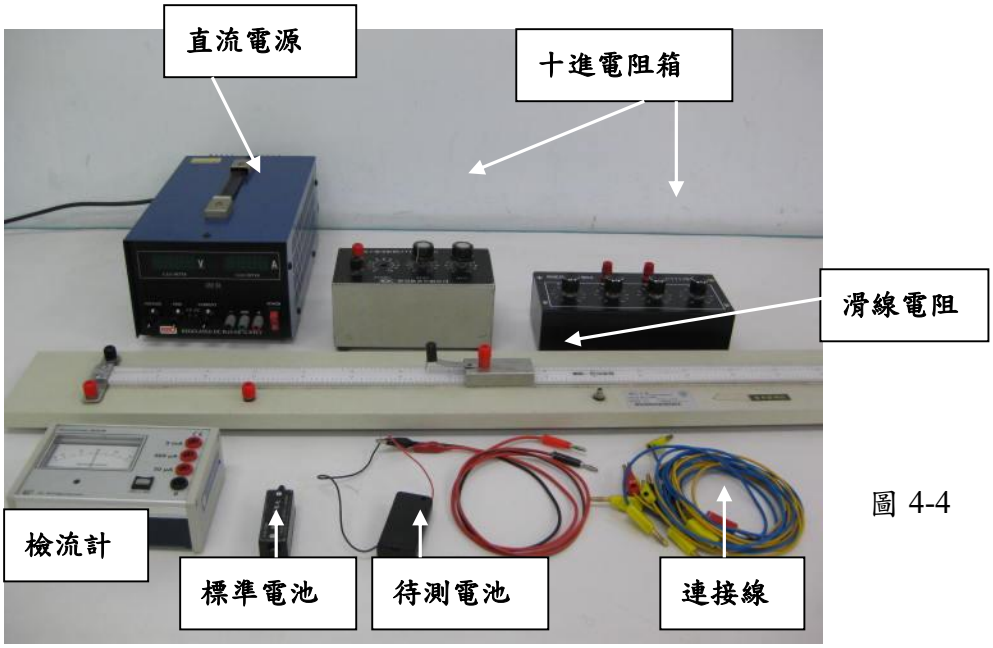

圖 4-4