

# 2022 年第十九屆國際國中科學奧林匹亞競賽 -- 實驗題試題(中)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

## 實驗二：測量金屬線的電阻率

在此任務中，我們將以兩種不同的方法測量給定材料的電阻率。

### 第 1 部分 - 直接測量

在此方法中，我們將使用對電阻測量模式的三用電表來測量不同長度金屬線的電阻。

1. 取幾個不同長度的金屬線，測量其電阻，並將您的結果記錄在下表中  
(請在表中填入單位)。

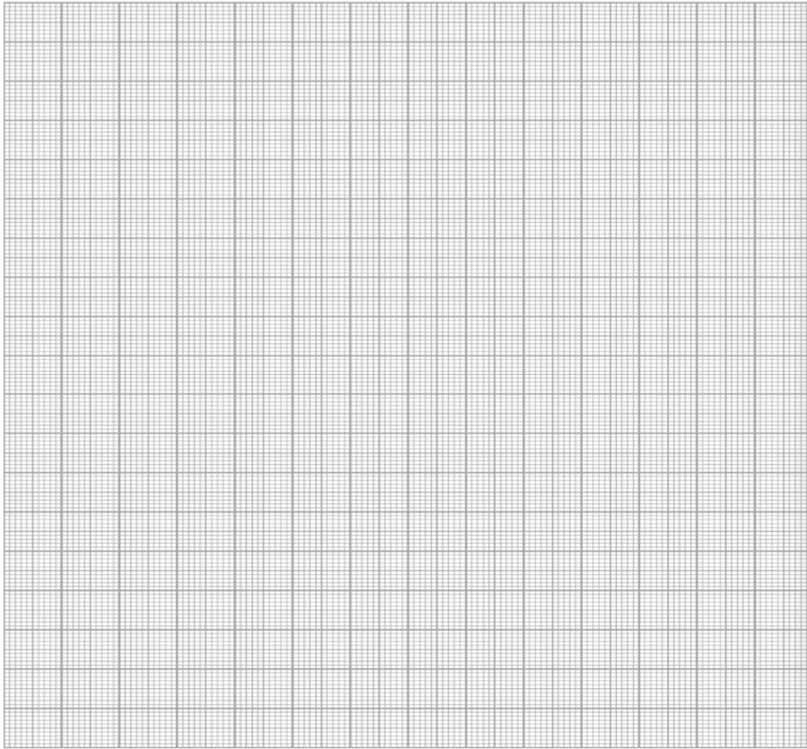
(0.5 分)

表：2.1

$L[ \dots ]$	$R[ \dots ]$

2. 繪製金屬線電阻對其長度的關係圖。

(1 分)



3. 斜率  $\alpha$  和 y-軸相交點  $\beta$  表示什麼？在下表中的正確位置寫下 “ $\alpha$ ” 和 “ $\beta$ ”。

(0.6 分)

金屬線的電阻率 resistivity of the wire	
三用電表的電阻 resistance of the multimeter	
連接器的電阻 resistance of the connectors	
三用電表電池的電壓 voltage of the multimeter' s battery	
金屬線每單位長度的電阻 wire' s resistance per unit length	
金屬線的長度 length of the wire	
金屬線的直徑 the diameter of the wire	

4. 從圖中做數據分析求得此金屬線每單位長度的電阻  $\lambda$ 。

$$\lambda = \dots\dots\dots \Omega/\text{cm}$$

(0.3 分)

## 第 2 部份 - 使用惠司同電橋的測量 Part 2- measurement using a Wheatstone bridge

惠司同電橋是根據圖 2.1 連接電阻的電路來測量電阻。在此配置中，可以通過測量節點 B 和 C 之間的電壓來獲得電路中四個電阻之間的關係。

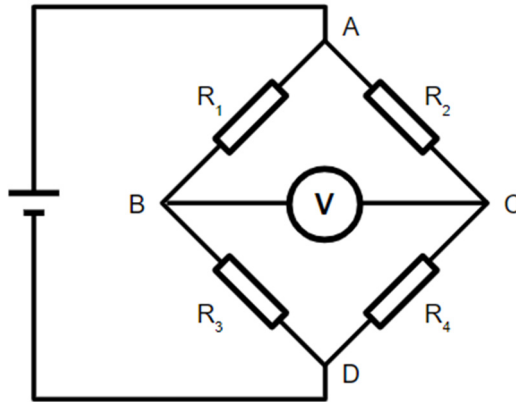


圖 2.1：惠司同電橋 Wheatstone bridge

1. 理論證明當電阻符合下列關係時：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

所測得的 B 和 C 之間的電壓等於零。作答時請確認僅使用圖和方程式。 (0.5 分)

2. 在此實驗中，我們將使用標記為 5.0 kΩ 的電阻器兩個，標記為 5.8 MΩ 電阻器一個。使用三用電表來測量這些電阻器的電阻值並記錄結果。

$$R_{5.0k\Omega,1} = \dots\dots\dots$$

$$R_{5.0k\Omega,2} = \dots\dots\dots$$

$$R_{5.8M\Omega} = \dots\dots\dots$$

(0.1 分)

3. 使用三用電表直接測量電池電壓，並記下您的結果。

$$U_{battery} = \dots\dots\dots$$

(0.1 分)

在此實驗中，我們將使用麵包板來構建電路。如圖 2.2 中的藍線所示，麵包板的孔洞 5 個一組互相連接導通。例如圖中的電阻  $R_1$  和  $R_2$  並行連接，而  $R_3$  和  $R_4$  串聯連接。請勿使用板的外緣孔洞。

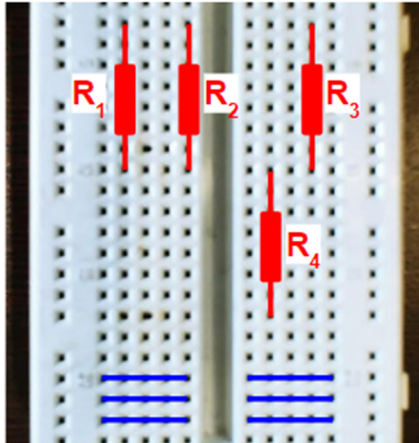
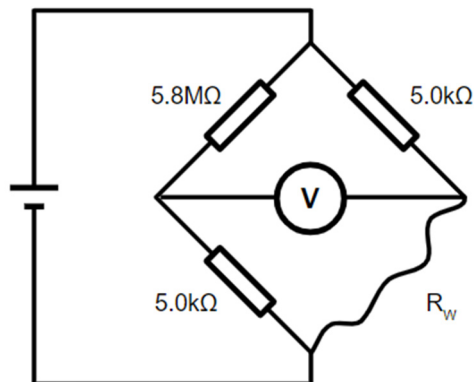


圖 2.2：麵包板的一個示例

4. 根據下圖連接電路。使用長度  $L = 80$  公分的金屬線作為  $R_W$ 。使用提供的麵包板以正確的方式連接不同的部件，並使用鱷魚夾頭電線連接到電池。注意 - 除了圖中描繪的電路外，不要以其他任何方式連接電池！不正確地連接電池可能會導致其短路並破壞您的設備！避免屬於電路不同部分的電線之間的任何接觸！



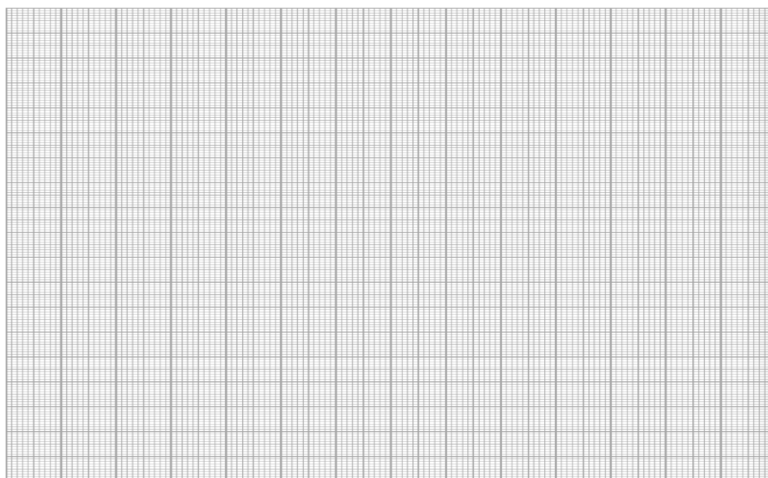
5. 在下表中記錄電壓讀數，重複測量不同  $L$  對應的電壓值，並將您的測量值記錄在表格中(請在表中填入單位)。

表：2.2

$L[\text{cm}]$	$U_{\text{measured}}[\dots]$
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	

(0.6 分)

6. 繪製測得電壓( $U_{\text{measured}}$ )對導線長度的關係圖。



(1 分)

7. 您可以使用該圖的哪個特性來求得此金屬線每單位長度的電阻？在正確答案下空格標記“X”

斜率	X 軸的截距	Y 軸的截距

(0.2 分)

8. 從圖中做數據分析求得此金屬線每單位長度的電阻 $\lambda$ 。

(0.5 分)

**第 3 部分 - 獲得金屬線的電阻率 Part 3 – acquiring the resistivity of the wire**

1. 設計一種方法，以儘可能準確地測量金屬線的直徑  $D$ 。通過繪製草圖顯示您的方法，並用適當有效位數的數字寫下您的結果。如果您無法完成此任務，則可以在以下問題中使用  $D = 0.3 \text{ mm}$ 。

$$D = \dots\dots\dots (0.6 \text{ 分})$$

2. 寫下將此金屬線每單位長度的電阻  $\lambda$ 、直徑  $D$  和電阻率  $\rho$  的關係方程式。

最終關係式:  $\dots\dots\dots (0.3 \text{ 分})$

3. 使用您先前獲得的實驗結果計算金屬線的電阻率  $\rho$ 。

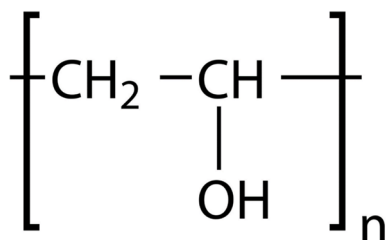
$$\rho = \dots\dots\dots (0.4 \text{ 分})$$

**實驗三：化學實驗****Part 1: 測定聚合物的平均相對莫耳質量**

粘度是液體的一種特性，可以定義為流動阻力，血液或腦脊液等流體的粘度對其流速和這些流體在人體內的壓力有重大影響，因此具有重大的生理影響。

本實驗的目的是利用研究聚乙烯醇 (PVA) 水溶液中聚合物分子的濃度如何影響其粘度，從而使用聚合物溶液模擬體液的流體動力學特性。

聚合物是由許多以規律鍵結的相同次單位(單體)組成的非常大的分子。PVA 分子的結構可以表示為:



此圖中的結構代表聚合物的一個重複單元;  $n$  代表單個聚合物分子中重複單元的數目，聚乙烯醇在水中不解離。

該模型假設解以牛頓方式運行，這意味著它們服從帕穗定律(Poiseuille' s law ):

$$volume\ flow\ rate = \frac{\Delta P \pi R^4}{8 \eta L}$$

其中  $\eta$  是粘度(單位 mPa.s), R 是毛細管的半徑,  $\Delta P$  是毛細管兩端壓力差, L 是毛細管的長度。

當比較兩種液體流過同一個窄毛細管時，兩種液體的粘度比（液體 1 與液體 2 的相對粘度）可以簡化為:

$$\eta = \frac{time\ of\ flow\ of\ liquid\ 1}{time\ of\ flow\ of\ liquid\ 2}$$

在本實驗中，你將使用粘度計測量水和各種濃度的 PVA 溶液的流動時間，你將計算 PVA 溶液相對於水的粘度，從而確定相對粘度與聚合物濃度之間的關係，最後，你將使用此結果來估算聚合物的平均相對分子質量。

## 步驟 1. 製備 PVA 稀釋溶液

器材表 (有些器材可能與其他實驗共用):

杯子

粘度計支架（底部有一個小缺口的大杯子）

量筒

塑膠滴管

托盤

粘度計（附有毛細管的小塑膠瓶）

尺

奇異筆

蒸餾水

PVA 原液 (2 g PVA/100 mL 水)

氯化鈉原液(10 g / 100 mL 水)

碼錶

廢棄物容器

木勺子

1. 根據下表 1 標記六個杯子。
2. 在貼有標籤的杯子中，使用量筒和塑膠滴管從 2.0g/100mL 原液中製備五種稀釋的 PVA 溶液。每個溶液的總體積應為 100 mL，並應按下表 1 中所示的濃度配製。記錄下表 1 中使用的體積。

表 1：PVA 溶液的組成

樣品	PVA 原液的體積 (mL)	添加的蒸餾水體積 (mL)	混合物濃度 (g/100 mL)
水	0	100	0
1			0.20
2			0.40
3			0.60
4			0.80
5			1.0

(1.0 分)

### 步驟 2. 測量每種溶液的粘度.

1. 在此實驗期間，如果您的粘度計洩漏，請通知監考人員。
2. 在整個實驗過程中，請保留所配製的每個 PVA 稀釋液。不要丟棄或混合這些溶液，因為每次測量時都會重複使用它們。
3. 在托盤上進行這個實驗。
4. 用約 1cm 的水沖洗粘度計（從粘度計底部量起）。
5. 在粘度計瓶上做兩個標記。標記應在瓶底上方 5cm（下標記）和 7 cm（上標記）處。
6. 將粘度計放在倒置的帶有小缺口的大杯上，升高粘度計。確保毛細管位於缺口中，將手指放在毛細管上以停止流動並將水倒入粘度計，液位應高於上標記。



7. 將水杯移到毛細管下方以收集排放液，移開手指，讓溶液自由流過毛細管，直到液面達到上標線，然後啟動碼錶，液位到達下標時停止計時。
8. 對水重複這些測量以獲得三個可再現的結果，在下面的表 2 中記錄水的測量值。
9. 用少量您要測試的下一種溶液沖洗粘度計，並使其通過管子排出，如果沖洗液沒有通過管子排出，請將拇指放在瓶頸上並輕輕擠壓瓶子。
10. 對剩餘的溶液重複步驟 6 到 9。
11. 在下面的表 2 中記錄所有這些測量值。



表 2：流動時間測量

樣品	流動時間 (s)			平均流動時間(s)
	測量 #1	測量 #2	測量 #3	

## 結果分析

### 估計 PVA 溶液的相對粘度

- 計算各溶液的相對粘度：

1.  $\eta = \frac{t_s}{t_w}$  其中  $t_s$  是每個的溶液地平均流動時間， $t_w$  是平均流動時間  $s$  是水的平均流動時間。

表 3：相對粘度

PVA 濃度(g/100 mL)	平均流動時間(s)	相對粘度 $\eta$

(1.0 分)

2. 計算每種溶液的對比黏度：

$$\eta_r = \frac{\eta - 1}{c}$$

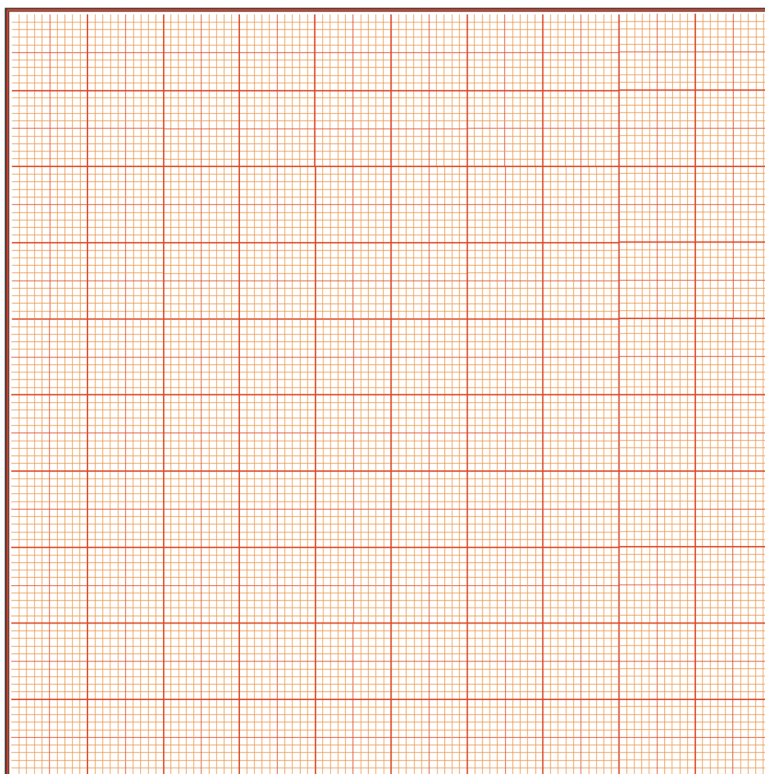
其中  $c$  是 PVA 的濃度在 g/100 mL 水中。請注意，1 dL 是 100 mL。

表 4：對比黏度

PVA 濃度 (g/100 mL 水)	對比黏度 (dL/g)

(1.0 分)

3. 使用下一頁的方格紙繪製還原粘度與 PVA 濃度的關係圖，並建立一條最佳擬合線。(2.5 分 s)



聚合物的特性粘度是溶質對溶液總粘度的貢獻的量度。通過將圖表外推到  $c = 0$  來確定 PVA 的特性粘度（以 dL/g 為單位）。

PVA 的特性粘度  $\eta_i =$  \_\_\_\_\_ dL/g (1.0 分 s)

5. 聚合物的特性粘度可用於確定聚合物平均相對分子質量 ( $M_r$ )，利用分-Sakurada-Houwink 公式：

$$\eta_i = KM_r^a$$

此系統的常數：

$$K = 5.43 \times 10^{-4} \text{ dL/g}$$

$$a = 0.64$$

估計 PVA 分子的平均分子量至 1 位有效數字：\_\_\_\_\_ (1.5 分 s)

## PART 2: 研究小分子對聚合物溶液粘度的影響

進行進一步的實驗，測試葡萄糖、尿素或氯化鈉等小分子或離子的存在是否會影響聚合物溶液的相對粘度。

您將拿到濃度為 10 g/100mL 的氯化鈉溶液，用它來配製含有 1.0 g PVA/100mL 和 5.0 g NaCl/100mL 的 100mL 溶液。

按照上面的步驟 2 測量該溶液的平均流動時間。

將該值與原始 1.0g/100mL 聚合物溶液的值進行比較，在下面說明這兩個值的比較。

1. 在這裡記錄您的數據：

表 6. PVA/NaCl 溶液的流動時間測量

樣品	流動時間 (s)			平均流動時間(s)
	量測 #1	量測#2	量測#3	
PVA / NaCl				

(1.0 分)

2. 根據您的結果，以下哪種解釋最符合您的結果 (標記 X)?

由於氯化鈉與 PVA 分子上的羥基 (-OH) 基團之間發生反應，導致 PVA 分子分解成更小的碎片，因此向 PVA 溶液中添加氯化鈉會顯著 <b>增加</b> 溶液的粘度	
PVA 溶液中添加氯化鈉可增加分子的動能進而顯著 <b>降低</b> 溶液的粘度	
PVA 溶液中添加氯化鈉可通過降低分子的動能顯著 <b>增加</b> 溶液的粘度	
PVA 溶液中加入氯化鈉 <b>不會顯著影響</b> PVA 溶液的粘度，因為該聚合物不是離子型的	
由於氯化鈉溶解放熱，PVA 溶液中添加氯化鈉顯著 <b>增加</b> 了溶液的粘度	

(1.0 分)

【待 續】