

2007 年第四屆國際國中國科學奧林匹亞競賽 一 實驗試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

壹、實驗說明

A. 緒論

能量是我們每天所必需的，電能是現代經常使用的能量形式之一，有效的產生和轉換電能是 21 世紀最重要課題之一，在這個試題中，你將組裝一個化學電池，找出電解質對電流產生的影響，評估利用天然的物質轉換成電能的(優劣)效率。電能可被利用於產生光和熱，或促使發生化學反應。你將連接市售的乾電池至一反應系統，促使其進行電解或化學反應。但在電能轉換成光時會產生不必要的熱，此實驗中你將測定發光燈泡的溫度。

B. 實驗目的 (可以不必按照順序作答)

- I. 研究水果電池的特性，找出影響電池效率的因素。
- II. 觀察馬鈴薯澱粉粒，並且檢測化學試劑對它的影響。
- III. 找出化學電池中電解質的濃度和導電度的關係。由濃度與導電度的關係圖和酸鹼滴定實驗求得電解質的濃度。
- IV. 研究電燈泡中鎢絲的熱量和能量轉換的特性。

C. 實驗器材

第 I 部分:水果電池

材料	數量	材料	數量
檸檬	6	有蓋子培養皿	3
電表 (在籃子內)	1	直尺 (在籃子內)	1
連接線	6	剪刀	1
金屬片	1 組(A, B, C, D)	文件夾	6
發光二極體(LED)	1	美工刀 (第 I 和 II 部分實驗使用)	1
500 mL 洗滌瓶 (在籃子內)	1	衛生紙(在籃子內)	1
乳膠手套(在第 I 和 III 部分的實驗時全程戴上)	1 (可提供更多)	抹布 (在籃子內)	1

第 II 部分：澱粉粒

材料	數量	材料	數量
馬鈴薯	1	載玻片,蓋玻片	1 組
顯微鏡	1 組	碘液 (1%)	1
美工刀(在第 I 部分的實驗籃中)	1	試劑(標示 A, B ,C)	3

第 III 部分：電解質溶液的導電性

化學藥品	數量	化學藥品	數量
$0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NaOH}_{(\text{aq})}$	100 mL	$0.25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ HCl}_{(\text{aq})}$	100 mL
未知濃度的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液	100 mL	指示劑	1 mL

器材	數量	器材	數量
三用電表(在籃子內)	1	滴定管夾和架	1
連接線	4	50 mL 滴定管	1
電池組(此實驗使用 3V)	1	漏斗	1
白金(Pt)電極	2	錐形瓶 125 mL	3
塑膠試驗盒	2	試管	2
燒杯 600 mL	1	量筒 50 mL	1
400 mL	1	10 mL	1
100 mL	4	滴管	10
鑷子	1	標籤	1
乳膠手套(在籃子內)	1	抹布 (在籃子內)	1
標示 "Waste"(廢液)的 1000 mL 燒杯(在籃子內)	1	500 mL 洗滌瓶 (在籃子內)	1

- * 若需更多的蒸餾水，可向監試助理索取。
- * 必須注意穿戴手套，萬一皮膚沾觸酸或鹼立即用清水或蒸餾水沖洗。
- * 會場所提供的玻璃器材是乾淨的，實驗前不需清洗。但若需要時可利用洗滌瓶沖洗，再將廢液倒入標示 "waste" 燒杯內。
- * 電池組不使用時將其撥至 "關" 的位置 (如右圖所示)。

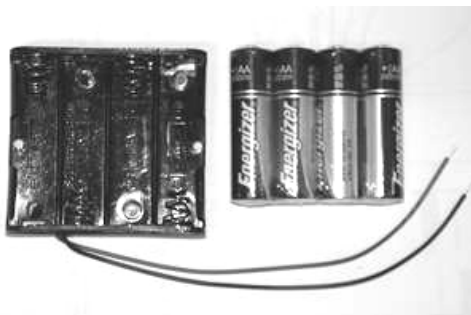



關

開


第 IV 部分：白熱燈泡的能量轉換

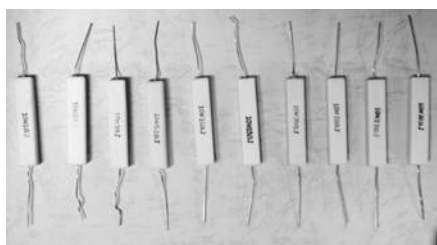
器材	數量	照片 #
電池組(6V，僅用於此部分)	1	照片 IV-1
白熱燈泡	1	照片 IV-2
電阻	9	照片 IV-3
連接線	6	照片 IV-4
溫度計 (固定於隔板，僅讀其顯示的數值，不要碰觸)	1	照片 IV-5
三用電表 (放在共用籃中)	2	

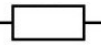


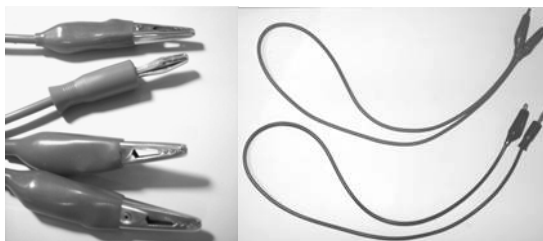
照片 IV-1 電池組：總電壓為 6V。正負極分別以紅色電線及黑色電線接出，其在電路上的符號為 .



照片 IV-2：白熱燈泡組：燈泡有兩條接線，其在電路上的符號為 .



照片 IV-3 電阻：個別標示其功率(10W)，電阻值(各不相同)，及型號(J)，其在電路上的符號為 .



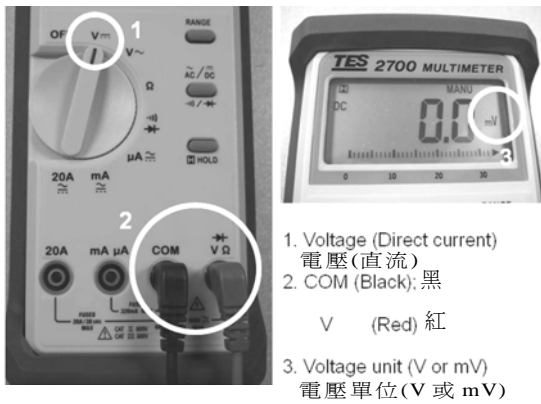
照片 IV-4：連接線有兩種，兩端皆為鱷魚夾或一端為鱷魚夾一端為香蕉接頭。



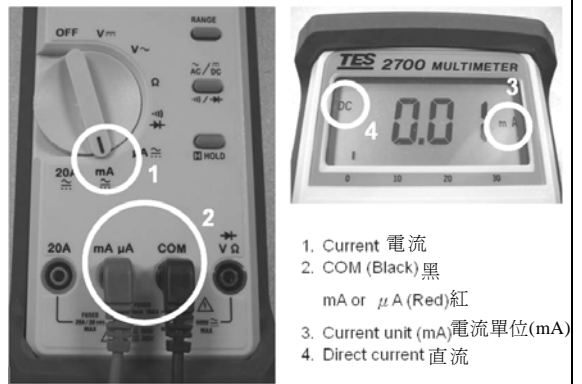
照片 IV-5.溫度計：顯示攝氏溫度值，若顯示華氏溫度值，請監試助理更改。僅讀其顯示的數值，不要碰觸。

三用電表的線路連接及檔位設定

測電壓：

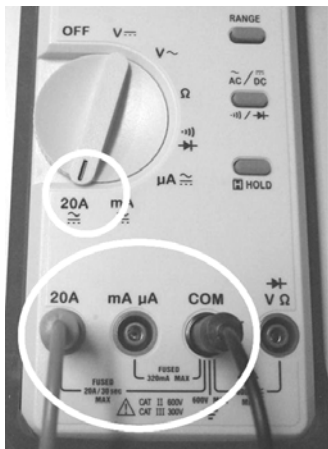


測電流：測電流的功能有三種檔位，在第 I 及 III 部分，使用 μA 和 mA 。線路接法不變，但要轉在適當的檔位。



第 IV 部分，必須使用 20A 檔位。不正確的檔位設定及線路連接將造成三用電表的損壞而無法得分。

測電阻：在無電流通過的情況下，才能測量電阻。



貳、實驗與問題

第 I 部份：水果電池

電池組成包含兩個不同金屬的電極以及電解液，藉由電極與電解液的化學反應而產生電流。水果也可以用來替代化學電池以產生電流。水果含有大量的汁液(電解液)可以使電極離子化(ionize)，離子化的傾向依金屬及水果的種類而定。問題 I-1 ~ I-3 要你測出水果電池的一些特性。

問題 I-1：測定電極種類對水果電池的影響

【步驟】

1. 利用檸檬完成本實驗。兩個電極之間的檸檬片厚度不可超過 1 公分，如圖 I-1 所示。
2. 用金屬 B 作正極(+)，並分別以金屬 A、C 及 D 作負極(-)裝置成三組電池。請分別測出這三組水果電池產生的電壓大小，接線方法如圖 I-2 所示。

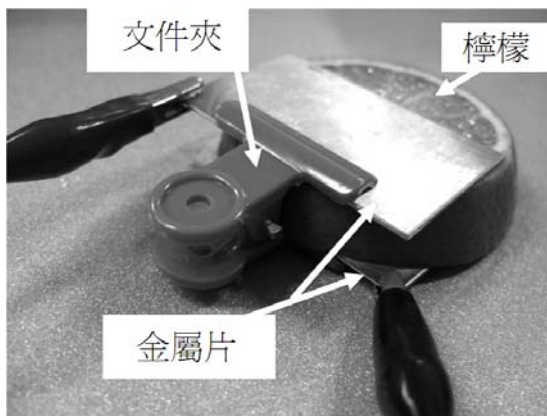


圖 I-1

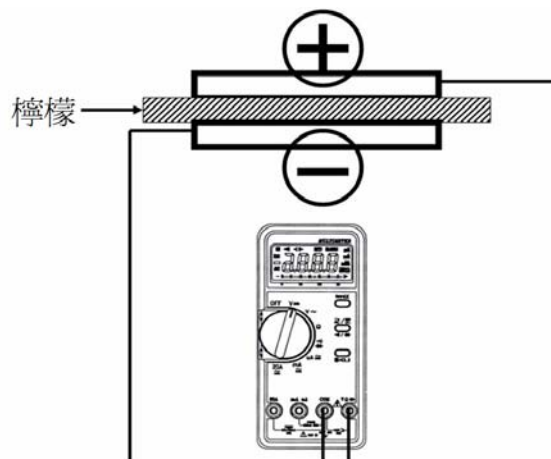


圖 I-2

3. 依據你的測定結果回答問題 I-1-a 和 I-1-b。

I-1-a 以金屬 B 做為正極的情況下，用哪一種金屬做負極可得到最高電壓？

I-1-b 依據你的觀察回答下列問題：

- i. 如果以金屬 D 和 A 做水果電池的電極，哪一個是正極？
- ii. 如果以金屬 D 和 C 做水果電池的電極，哪一個是正極？

問題 I-2：測定不同變因對水果電池的影響

【步驟】

1. 以金屬 B 做正極(+)，並以金屬 C 做負極(-)裝置一個水果電池。

2. 做實驗前，先閱讀問題 I-2-a 及 I-2-b。
3. 自行設計實驗以回答問題 I-2-a 及 I-2-b。

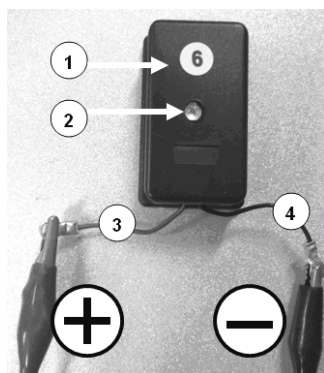
回答問題 I-2-a 及 I-2-b 時，以“↑”表示“上升”，以“↓”表示“下降”，以“-”表示無改變(改變小於 20%)。

I-2-a 減少金屬與水果的接觸面積(減少到原來的三分之一以內)，記錄下這個水果電池所產生的電壓(V)及電流(μA)。

I-2-b 增加水果的厚度(至少增為原來的三倍厚)，記錄下這個水果電池所產生的電壓(V)及電流(μA)。

問題 I-3：以水果電池特性的測定結果為基礎，設計最簡單的裝置以使 LED 燈亮起來，並回答下列問題。

提示：發光二極體(LED 燈)是一種半導體元件，當在“p-n 接面”通順向偏壓的電時，會發出狹窄波長範圍(narrow-spectrum)的光線。這種效應稱為電效發光(electroluminescence)。電流可以從 LED 燈的 p 極(+)流向 n 極(-)，但反向則否，電效發光也就不會發生。



1. LED 套件編號 (本例編號為6)
2. LED 燈泡
3. 紅色電線
4. 黑色電線

**在答案紙上寫出你的 LED 套件編號。

**組裝你自己的裝置並進行實驗，以回答下列問題。

I-3-a 用單一正極及負極組成一個水果電池組，請問**最少**需要多少個水果電池組才能使 LED 燈亮起來？

I-3-b 你的裝置所選用的正極及負極各是哪一種金屬？

I-3-c 你的 LED 燈發出的光什麼顏色？

(用字母代號填寫，紅光=R，綠光=G，藍光=B，白光=W)

注意：當 LED 燈發光時，舉手請監試助理前來確定你的答案，並且你們要在答案紙上簽名確認。

第 II 部份：澱粉粒

細胞的代謝作用會產生很多物質，例如澱粉粒、油滴和結晶。澱粉屬於多醣類，是光合作用產物的主要儲存物質，而且是細胞能量的主要來源。植物細胞的澱粉會聚集成

澱粉粒，澱粉粒的形態會因植物種類而有所不同。澱粉酶是一種可以分解澱粉的酵素，在生物體內含量豐富。澱粉被澱粉酶分解後，會轉變成麥芽糖。問題 II-1~II-2 要你觀察澱粉粒的形態構造，而且要驗出三種試劑對它的影響。

你必須應用如下圖所示生物學用的顯微鏡，若有使用問題，可以問監試助理。



光學顯微鏡的使用步驟如下：

1. 將做好的玻片樣本置於載物台。
2. 開燈並調整適當光量。
3. 調整光圈。
4. 想想你要在顯微鏡中觀察什麼。
5. 調焦並將你要看的東西調整到視野的正中央。
6. 調整兩個接目鏡的眼距及焦距。
7. 轉換物鏡到你所需的倍率。
8. 因應你的物鏡倍率調整適當光量。
9. 為獲取最清晰的澱粉粒形態構造，你可以調整光圈(iris diaphragm)和鏡片距離調節器(Lens distance adjustment)
10. 關燈。

問題 II-1：觀察馬鈴薯澱粉粒的形態構造

【步驟】

1. 用刀片刮取一些馬鈴薯汁液並置於載玻片上。
2. 加一滴 1% 碘液於馬鈴薯汁液上(如圖 II-1 所示)，將它們混合使澱粉粒染上顏色。
3. 蓋上蓋玻片(如圖 II-2 所示)。

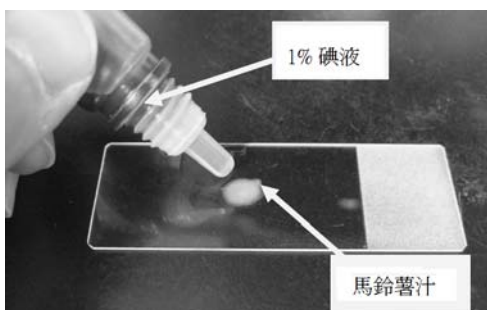


圖 II-1

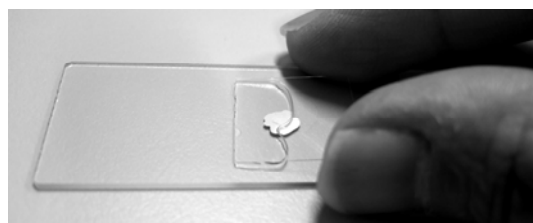


圖 II-2

4. 用衛生紙吸取在蓋玻片邊緣多餘的碘液。
5. 觀察馬鈴薯澱粉粒的形態構造。

II-1 利用顯微鏡放大 400 倍（物鏡 40X）觀察馬鈴薯澱粉粒。在答案紙上繪出一個澱粉粒的形狀及精細構造。

問題 II-2：檢測試劑對澱粉粒的影響

【步驟】

1. 用與問題 II-1 相同的步驟，製備至少三張馬鈴薯澱粉粒玻片樣本。
2. 標示玻片樣本為 A、B、C。
3. 將玻片標本放在顯微鏡載物台上，轉動調節輪直到看清楚澱粉粒。
4. 在玻片樣本 A 上蓋玻片的一端，滴入試劑 A。如圖 II-3 所示。
5. 於加入試劑 A 的第一分鐘內，用顯微鏡觀察馬鈴薯澱粉粒的變化。

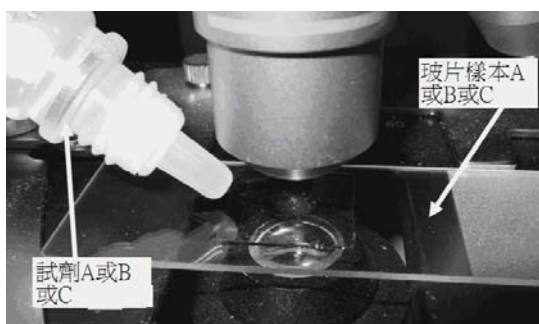


圖 II-3

6. 重複步驟 4 和 5，在標示為 B 及 C 的玻片樣本上，分別加入試劑 B 或 C。

7. 回答問題 II-2-a、II-2-b 及 II-2-c。

II-2-a 加入試劑 A 後，馬鈴薯澱粉粒會有何變化？

- (A) 無變化 (B) 只有膨脹 (C) 先膨脹後分解 (D) 皺縮

II-2-b 加入試劑 B 後，馬鈴薯澱粉粒會有何變化？

- (A) 無變化 (B) 只有膨脹 (C) 先膨脹後分解 (D) 皺縮

II-2-c 加入試劑 C 後，馬鈴薯澱粉粒會有何變化？

- (A) 無變化 (B) 只有膨脹 (C) 先膨脹後分解 (D) 皺縮

第 III 部分：電解質溶液的導電度

金屬是良導體。某些化合物當它溶於水中時也可導電，例如硫酸、氫氧化鈉和硝酸，我們稱這類物質為「電解質」。蔗糖或酒精的溶液不能導電，因此它們不是電解質。物質的物理性質決定它們水溶液之導電性。在本實驗中我們將測定一已知電解質溶液之濃度對導電度的影響。在一固定電壓下，溶液的導電度與電流成正比。在本實驗中我們要用測定電流來表示導電度。

本實驗共有三部分。在 III-1 部分，用氫氧化鈉溶液來測定溶液濃度對導電度的影響。你需要將結果作圖，以求出電解質的導電度與其濃度的關係。在 III-2 部分，用所給未知濃度的氫氧化鈉溶液，測定其導電度，並使用你在 III-1 所得的正確圖形，用內插法定出該氫氧化鈉溶液的濃度。在 III-3 部分，用常用的滴定法測定同一個未知濃度的氫氧化鈉溶液之濃度。

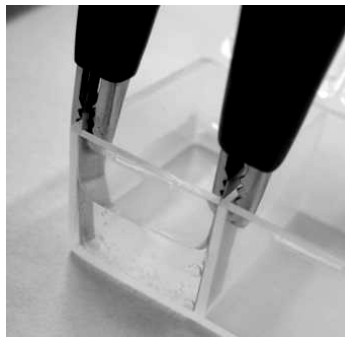
問題 III-1：氫氧化鈉溶液濃度與導電度的關係

【步驟】 * * 在答案紙上記下你所有的數據 * *

1. 用所給的 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液和量筒，配製濃度分別為 0.35、0.25、0.12、和 $0.06 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液各 50.0 mL。分別倒入 100 mL 的燒杯中備用。
2. 用鱷魚夾將白金(Pt)電極固定在塑膠盒的內壁，並如下圖所示，將它們與 3V 的電池組及安培計連接。也請參見第 5 頁的圖。
3. 量取 5.0 mL 的 $0.06 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液倒入塑膠盒中。溶液高度不能碰到鱷魚夾。確定所有的連結都正確後，將電池組的開關切換到「開」的位置並開始計時。記錄在打開電源 30 秒後的電流讀數。

III-1-a 在答案卷指定的地方記錄你的數據。

4. 用其他濃度的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液，重複步驟 3 並記錄下數據。



III-1-b 在答案紙的方格紙上分別畫出下列的關係：

- (a) 濃度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)與電流毫安培 (mA) 的平方根($\sqrt{\text{mA}}$)
- (b) 濃度的平方根($\sqrt{\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$)與電流(mA)
- (c) 濃度的平方根($\sqrt{\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$)與電流的平方($(\text{mA})^2$)

III-1-c 在 III-1-b 所作的關係圖中，何者最近似直線？

問題 III-2：應用測量導電度來求出 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液的濃度。

【步驟】

1. 量取 5.0 mL 未知濃度的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液，並將其倒入塑膠盒中。
2. 進行測量電流的操作。

III-2-a 記錄所測得的電流讀數。

III-2-b 應用你在 III-1-c 中所決定的最近似直線的圖，用內插法定出 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液之濃度。

3. 所有的電流測定完成後，清洗白金 (Pt) 電極，將它們放進原來的袋子中，並將其放回第 III 部分的籃子中。

問題 III-3 用酸鹼滴定法測定 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液的濃度。

【步驟】

1. 量取 5 mL $0.25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液置入試管中。加入數滴指示劑溶液，放置在一旁供作比較滴定終點之用。
2. 量取 5 mL $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液置入試管中。加入數滴指示劑溶液，放置在一旁供作比較滴定終點之用。
3. 將 HCl 溶液倒入滴定管中。
4. 量取 20.0 mL 未知濃度的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 溶液，倒入 125 mL 的錐形瓶中，並加入數滴指示劑溶液。
5. 用 HCl 溶液滴定。

III-3-a 記錄下所用的鹽酸體積。

6. 如有必要，可重複步驟 4 和 5 多次，並計算所用鹽酸的平均體積。

III-3-b 計算出所給未知濃度的 $\text{NaOH}_{(aq)}$ 溶液之濃度。

第 IV 部分：白熱燈泡的能量轉換

物質的導電度(或電阻)不僅隨著物質所含導電粒子的濃度變化，也會隨著溫度而變化。凡隨溫度變化的物質性質，如體積、顏色、電阻，都可以用來檢測溫度。溫標的訂定也因使用的社群不同而異。最常用的溫標有攝氏溫標、凱氏溫標，如表 IV-1 所列。

表 IV-1 常用的溫標

名稱	符號	單位	關係式
攝氏溫標	T_c	$^{\circ}\text{C}$	$T_c = T_c$
凱氏溫標	T	K	$T = T_c + 273$

凱氏溫標常用於科學數據的記錄和分析。例如圖 IV-1 是邊長為 1cm ，截面積為 1cm^2 的鎢立方塊，其電阻隨溫度的變化情形。圖中縱軸為鎢立方塊的電阻值，單位是 $\mu\Omega$ ($1\mu\Omega = 10^{-6}\Omega$)；橫軸為鎢立方塊的凱氏溫度，單位是 K 。

IV-1 讀取溫度計所顯示的室溫，以攝氏溫標記錄，再換算凱氏溫標為多少度？

IV-2 利用三用電表，測量燈泡內鎢絲在室溫下的電阻值。

表 IV-2 為以下部分所使用的電路符號電路符號

物件	燈泡	電池	電阻	電流計	電壓計
符號					

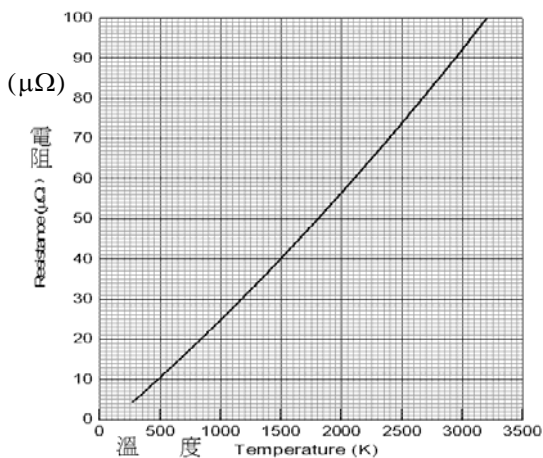


圖 IV-1

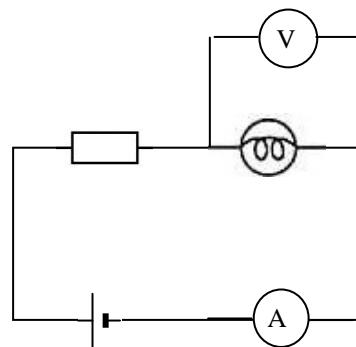


圖 IV-2

連接電池組(6V)、燈泡和最大的電阻，如圖 IV-2 所示。用正確連接且檔位正確的三用電表測量燈泡內鎢絲的電流(I)和電壓(V)。

IV-3 你可以改換不同電阻，以改變燈泡的電壓和電流。不接電阻(零電阻)的數據也要記錄。至少需記錄 10 組數據，把(I ， V)數據寫在答案卷上。**確認所有數據的記錄和計算都取到小數點後兩位。**

IV-4 由測得的(I ， V)數據，對每一組電壓 V 和電流 I ，計算燈泡的電阻 R 和功率 P ，填入答案紙的數據表。

IV-5 使用你的數據配合圖 IV-1，對每一組電壓 V 電流 I 計算燈泡內鎢絲的溫度(T)，用凱氏溫標記錄所有的結果，並填入答案卷上的數據表中。

提示：燈泡內鎢絲的放大圖如下，和前面介紹的鎢立方塊並不相同。



IV-6 計算功率及溫度的對數值 $\log(P)$ 和 $\log(T)$ ，並填入答案卷的數據表中。

IV-7 以 $\log(P)$ 對 $\log(T)$ 作圖。

熱燈絲可由傳導、對流和輻射三種方式轉移能量給週遭環境。能量轉移的功率分別為：傳導功率 P_{CD} ，對流功率 P_{CV} 和輻射功率 P_{RD} 。

傳導和對流的能量轉移需要經由介質，其總功率和溫差 $\Delta T = (T - T_e)$ 成正比，其中 T 為燈絲溫度，而 T_e 為週遭溫度。輻射則可穿越真空傳播能量而無需介質，其能量輻射率與 T^β 成正比，其中 T 為燈絲溫度，而 $\beta > 1$ 。因此，從熱燈絲轉移到週遭全部的總功率與溫度的關係，可以表示為 $P_{tot} = \alpha T^\beta + \gamma \Delta T$ ，其中 α 和 γ 為正的常數。

IV-8 依據實驗數據決定 β 的值。在 $\log(P)$ 對 $\log(T)$ 圖上標示使用的數據，畫出必要的線條圖形，將答案和所用的公式寫在答案卷上指定的空格中。