

馬鈴薯電池的電化學實驗 (上)

王楨、楊水平*

國立彰化師範大學化學系

*yangsp@cc.ncue.edu.tw

乾電池是一種以金屬、碳棒和糊狀電解液來產生直流電的化學電池，常見的鹼性電池的成分為二氧化錳、鋅粉、炭粉及氫氧化鉀水溶液。在鹼性電池中，鋅粉和氫氧化鉀當作電池的陽極（負極），二氧化錳和炭粉作為電池的陰極（正極）。

本家庭實驗係利用常見的家用產品來製作馬鈴薯電池，探討馬鈴薯電池與鹼性電池的放電原理相同嗎？馬鈴薯電池輸出的電壓和電流及其內電阻與鹼性電池相同嗎？本實驗使用三用電表來測量單一及多個馬鈴薯電池在串聯和並聯時的輸出電壓和電流及電功率，並連接各種負載（如小型鬧鐘和紅光 LED），測試需要串聯和並聯幾個馬鈴薯電池才能使小型指針式鬧鐘轉動或 LED 發光，如圖 1 所示。學生可以在家中與父母一起探討馬鈴薯電池；也可以在學校老師的指導下，在教室中完成此家庭化學實驗。

【購自電子材料行】

3. 三用電表 1 台 【購自電子材料行】
4. 一元硬幣（新製造的且最明亮的銅幣）8 個
5. 華司（Washer，直徑與一元硬幣約相同）8 個 【購自五金行或百貨行】
6. 水果刀 1 支 【取自廚房】
7. 小型指針式鬧鐘 1 台 【取自臥房、購自五金行或百貨行】
8. 紅光 LED 燈 1 個 【購自電子材料行】
9. 電阻（100 Ω 和 200 Ω ）2 個 【購自電子材料行】

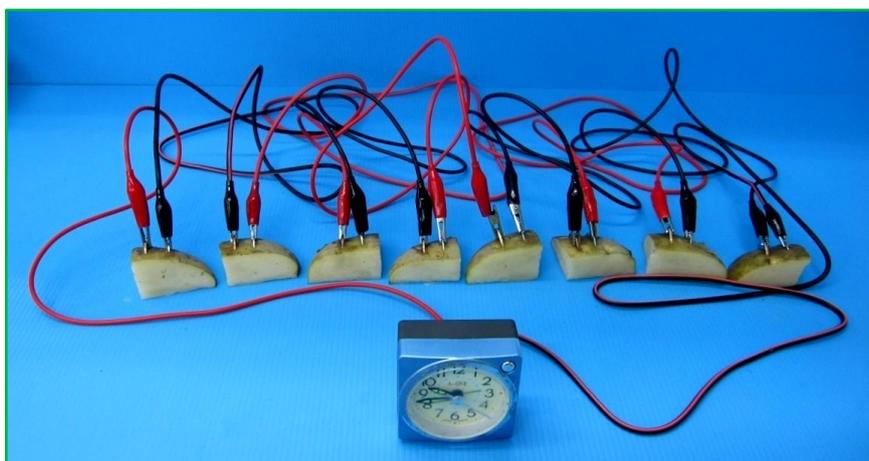


圖 1：串連馬鈴薯電池與鬧鐘連接

■ 家用產品

1. 馬鈴薯 1 顆 【購自超市或大賣場】
2. 紅色及黑色鱷魚夾電線 9 組（共 18 條）

■ 實驗步驟

一、測量單一馬鈴薯電池的電壓與電流

1. 取一顆馬鈴薯，用水果刀切成八等分。

- 取每一小塊馬鈴薯放置於桌上，馬鈴薯的表面朝上且切面朝下。
- 在此小塊馬鈴薯表面上的中間偏左邊，先用水果刀插入形成一凹痕，長度約兩公分，再插入一個新製造且明亮的一元硬幣，插入約 2/3 的面積。

- 接著在距離硬幣一公分處，使用水果刀插入形成一凹痕，長度約兩公分，再插入一個華

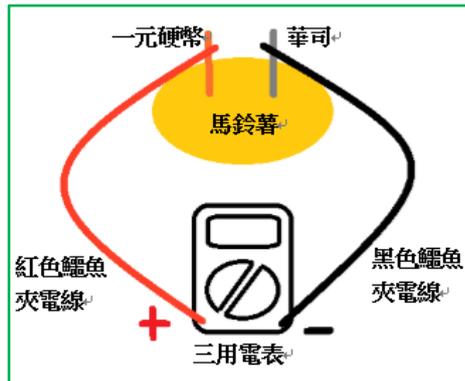


圖 2：測量單一馬鈴薯電池的電壓與電流的示意圖（左）及實際圖（右）

司，插入約 2/3 的面積。注意：硬幣與華斯不可接觸，且兩者保持平行。

- 旋轉三用電表的調整鈕在「DCV(直流電壓) 20」的位置，紅色測試棒插在“V/Ω”插座，黑色測試棒插入“COM”插座。用一條紅色鱷魚夾電線的兩端，一端夾住電表紅色測試棒(+)，另一端夾住一元硬幣(+)。用一條黑色鱷魚夾電線的兩端，一端夾住電表黑色測試棒(-)，另一端夾住華司(-)。測量此單一馬鈴薯電池的電壓（讀取穩定值）。如圖 2a 和 2b 所示。

- 旋轉三用電表的調整鈕在「DCA(直流電流) 20 m」的位置，紅色測試棒插入“mA”插座，黑色測試

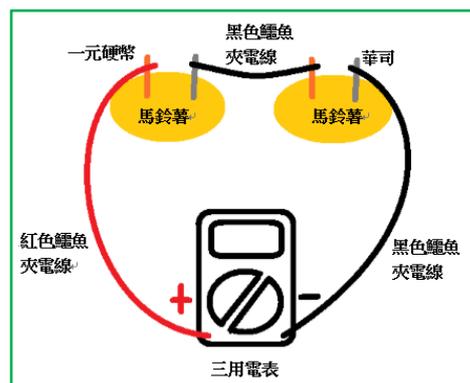


圖 3：測量串聯兩個馬鈴薯電池的電壓與電流的示意圖（左）及實際圖（右）

棒插入“COM”。如上述連接的方式，測量此馬鈴薯電池的電流（讀取趨近穩定值）。如圖 2a 和 2b 所示。

- 計算此單一馬鈴薯電池產生的電功率（電壓與電流的乘積）。



二、測量串聯多個馬鈴薯電池的電壓與電流

- 取上述“單一馬鈴薯電池”的步驟 1 的八小塊馬鈴薯。
- 放置每一小塊的馬鈴薯於桌上，馬鈴薯的表面朝上且切面朝下。
- 每一小塊的馬鈴薯插入硬幣和華司的方式，與上述“單一馬鈴薯電池”的步驟 3-4 相同。
- 排列此八小塊馬鈴薯成為一橫列，使每一小塊馬鈴薯上的硬幣靠左邊，華司靠右邊。



5. 使用第一條鱷魚夾電線，一端夾住第一個馬鈴薯電池的華司(-)，另一端夾住第二個馬鈴薯電池的硬幣(+)，形成兩個串聯的馬鈴薯電池。
6. 使用一對鱷魚夾電線，用紅色鱷魚夾電線的兩端，夾住第一個馬鈴薯電池的硬幣端(+)和電表的紅色測試棒(+)。用黑色鱷魚夾電線的兩端，夾住第二個馬鈴薯電池的華司(-)和電表的黑色測試棒(-)。如圖3所示。
7. 測量串聯兩個馬鈴薯電池的電壓和電流(讀取穩定值或趨近穩定值)。



圖4：測量串聯八個馬鈴薯電池的電流與電壓

8. 拆除連接在三用電表的黑色鱷魚夾電線，夾住第三馬鈴薯電池的硬幣端(+)。用一條黑色鱷魚夾電線的兩端，夾住第三個馬鈴薯電池的華司(-)和電表的黑色測試棒(-)。
9. 測量串聯三個馬鈴薯電池的電壓和電流(讀取穩定值或讀取穩定值)。
10. 繼續利用第三、四、五、六和七條鱷魚夾電線，分別串連第

四、五、六、七和八個馬鈴薯電池。如圖4所示。

11. 分別測量串聯四、五、六、七和八個馬鈴薯電池的電壓和電流(讀取穩定值或趨近穩定值)。
12. 計算串聯四、五、六、七和八個馬鈴薯電池產生的電功率。

三、測試串聯馬鈴薯電池驅動負載

1. 使用上述尚未拆解的串聯八個馬鈴薯電池，測試馬鈴薯電池能否驅動負載(小型鬧鐘和紅光LED燈)?
2. 首先，拆除連接在串聯馬鈴薯電池的三用電表，保留在第一個電池上的紅色鱷魚夾電線，及第八個電池上的黑色鱷魚夾電線。
3. 用第一個電池上的紅色鱷魚夾電線，夾住小型鬧鐘的正極端(+)。再用第八個電池上的黑色鱷魚夾電線，夾住此鬧鐘的負極端(-)。測試串聯八個馬鈴薯電池能否使小型鬧鐘運作?如圖5所示。
4. 拆除第八個馬鈴薯電池，剩下七個串聯馬鈴薯電池。第一個電池上的紅色鱷

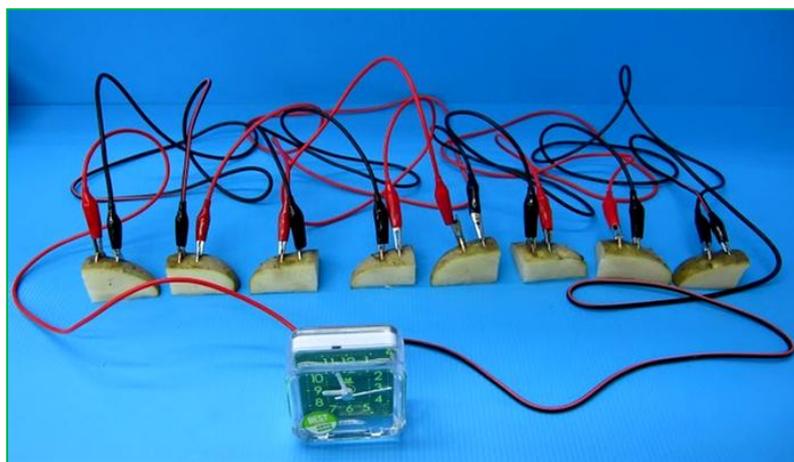


圖5：測試串聯多個馬鈴薯電池驅動鬧鐘

魚夾電線(+)不拆除，仍然夾住小型鬧鐘的正極端(+)。用連接在第七個電池的華司(-)上之鱷魚夾電線的一端，夾住此鬧鐘的負極端(-)。測試串聯七個馬鈴薯電池能否使小型鬧鐘運作？



圖 6：測試串聯多個馬鈴薯電池能否使 LED 燈發光

- 以同樣的方式，分別拆除第七、六、五、四、三、二和一個馬鈴薯電池，分別用連接在第六、五、四、三、二和一電池的華司(-)上之鱷魚夾電線一端，夾住此鬧鐘的負極端(-)。測試串聯多少個馬鈴薯電池才能否使鬧鐘運作？
- 接著，以紅光 LED 取代小型鬧鐘，用紅色鱷魚夾電線(+)夾住 LED 的長腳(+)，用黑色鱷魚夾電線(-)夾住 LED 的短腳(-)，測試串聯多少個馬鈴薯電池才能否使 LED 發光？如圖 6 所示。

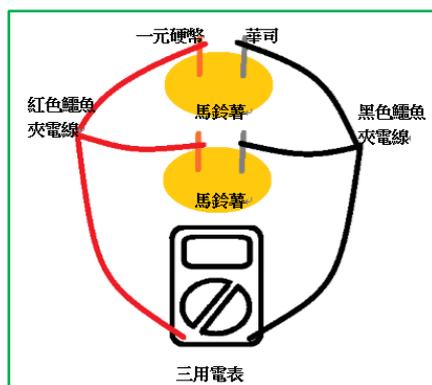
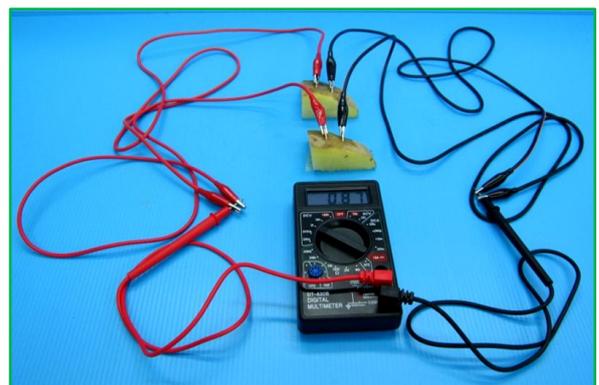


圖 7：測量串聯兩個馬鈴薯電池的電壓與電流的示意圖(左)及實際圖(右)

四、測量並聯多個馬鈴薯電池的電壓與電流

- 拆除上述步驟的全部鱷魚夾電線。
- 排列八小塊馬鈴薯成為一直列，每一小塊馬鈴薯上的硬幣靠左邊，華司靠右邊。
- 使用第一條和第二條紅色鱷魚夾電線，分別夾住第一個和第二個馬鈴薯上的硬幣(+)，這兩條紅色鱷魚夾電線的另一端夾在一起(+)。同樣地，使用第一條和第二條黑色鱷魚夾電線，分別夾住第一個和第二個馬鈴薯上的華司(-)，這兩條黑色鱷魚夾電線的另一端夾在一起(-)。
- 接著，兩條紅色鱷魚夾

電線的夾住處(+) 連接到三用電表上的紅色測試棒(+)。兩條黑色鱷魚夾電線的夾在處(-)連接到此電表上的黑色測試棒(-)。測量並聯兩個馬鈴薯電池的電壓和電流(讀取穩定值或趨近穩定值)。如圖 7 所示。



- 測量並聯三個馬鈴薯電池的電壓和電流(讀取穩定值或趨近穩定值)。
- 繼續，利用第四、五、六、七和八條鱷魚夾電線，分別並聯第四、五、六、七和八

個馬鈴薯電池。第一個電池位在最下方，第八個電池在最上方。如圖 8 所示。

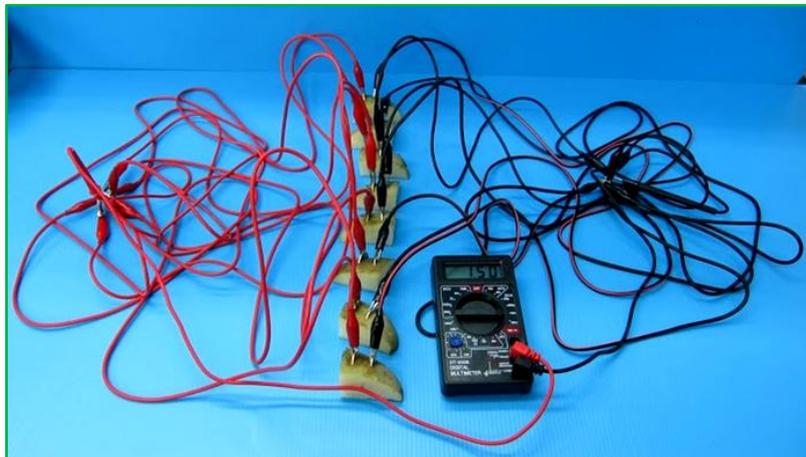


圖 8：測量並聯多個馬鈴薯電池的電流與電壓

7. 分別測量並聯三、四、五、六、七到八個馬鈴薯電池的電壓和電流(讀取穩定值或趨近穩定值)。
8. 計算並聯二、三、四、五、六、七到八個馬鈴薯電池產生的電功率。

五、測試並聯馬鈴薯電池驅動負載

1. 使用上述尚未拆解的並聯八個馬鈴薯電池，測試馬鈴薯電池能否驅動負載(小型鬧鐘和紅光 LED 燈)？
2. 先拆除三用電表，用一條紅色鱷魚夾電線的一端夾住小型鬧鐘的正極端(+)，另一端連接到第一個馬鈴薯電池硬幣上紅色

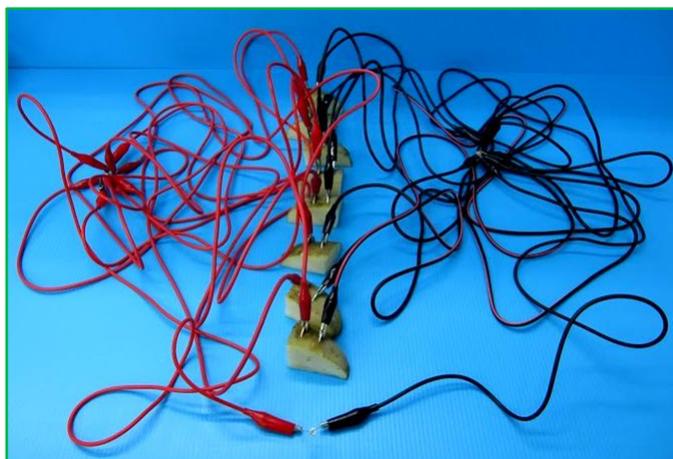


圖 9：測試串聯多個馬鈴薯電池能否使 LED 發光
Chemical Society Located in Taipei

鱷魚夾電線的夾住處(+)。然後，用一條黑色鱷魚夾電線連接此鬧鐘的負極端(-)，另一端接到第八個馬鈴薯電池華司上\黑色鱷魚夾電線的夾住處(-)。測試串聯八個馬鈴薯電池能否使小型鬧鐘運作？

3. 拆除第八個馬鈴薯電池，剩下並聯七個馬鈴薯電池，分別用紅色和黑色鱷魚夾電線的夾住處與鬧鐘的正極端和負極端。測試並聯七個馬鈴薯電池

能否使小型鬧鐘運轉？

4. 以同樣的方式，分別測試並聯多少個馬鈴薯電池能否使小型鬧鐘運作？
5. 用紅光 LED 取代小型鬧鐘，測試並聯多少馬鈴薯電池才能否使 LED 發光嗎？如圖 9 所示。

六、調查馬鈴薯電池內電阻

1. 首先，使用三用電表測量一個馬鈴薯電池的電壓，並紀錄為 V_0 。
2. 利用兩條紅色鱷魚夾電線，分別夾住一個馬鈴薯電池上的硬幣(+)和一個已知電阻的一端。再利用兩條黑色鱷魚夾電線，分別夾住一個馬鈴薯電池上的華司(-)和此電阻的另一端。紀錄已知電阻為 R_1 。
3. 上述的兩條紅色鱷魚夾電線的另一端連接(+)夾在一起，並連接三用電表的紅色測試棒(+)。上述的兩條黑色鱷魚夾電線的另一端(-)夾在一起，並連接三用電表的黑色測試棒(-)。如圖 10 所示。
4. 測量外加的已知電阻兩側的電壓，並紀錄為 V_1 。

5. 假設馬鈴薯內電阻為 R_0 ，已知電阻為 R_1 ，
則藉由 $I = \frac{V_1}{R_1}$ ，算出電流 I 後，再代入
 $R_0 = \frac{V_0 - V_1}{I}$ 。

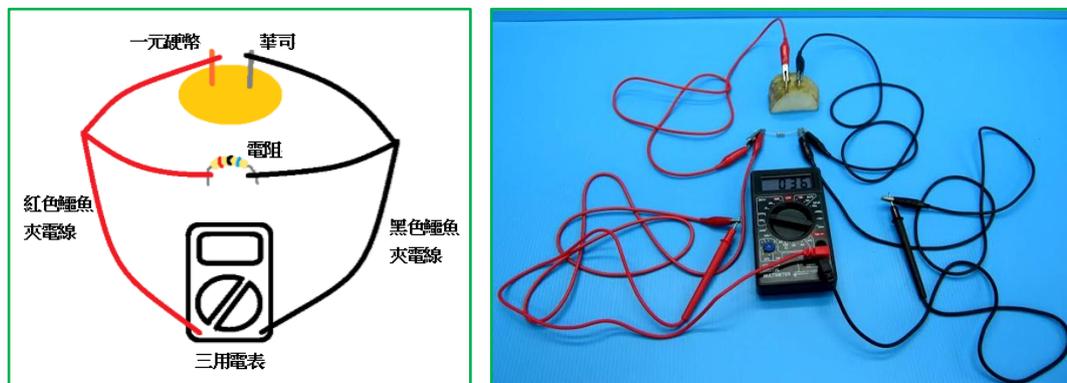


圖 10：調查馬鈴薯電池的內電阻的示意圖（左）及實際圖（右）

→ 續【馬鈴薯電池的電化學實驗（下）】