

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

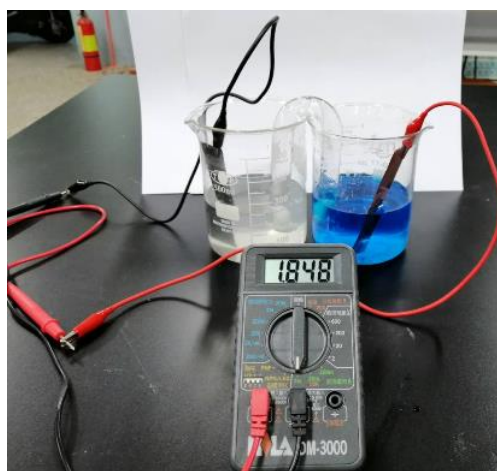
題目名稱：**Baby 你把電流變大了**

一、摘要

伏打電池因鹽橋的內電阻極大，使得輸出電流極小，沒有實用價值。水果果汁取代鹽橋，輸出電流沒有顯著增加。將硫酸銅溶液與硫酸鋅溶液分別倒入吸水膠中，使兩者緊靠，取代鹽橋，輸出電流由不到 2 mA 提升至幾十 mA，甚至達 170 mA 以上，有極為顯著的改善，大大增加實用性，並且可在野外求生使用。

二、探究題目與動機

國中做伏打電池實驗時，發現輸出電流甚小，低於 2 mA，研判是鹽橋為內電阻過高的原因，初步改進方式為：將兩片不同材質的金屬插入水果中，以水果中的果汁充當電解質，取代鹽橋，稱為水果電池。但電流仍然極小，當大家在想用什麼材質將含電極材料（如銅）的金屬鹽（如硫酸銅）電解質吸附，使正負極貼合，以降低電阻時，突然想到，咦……，尿布不就拿吸水材質嘛！？本組就以尿布中的吸水材質吸附金屬鹽電解質的方式，看是否能有效提高伏打電池的輸出電流？



三、探究目的與假設

1. 測量鋅銅電池原型的輸出電壓與電流

假設其內電阻主要是由鹽橋所造成的，故想到拿掉鹽橋，讓鋅、銅金屬片直接插入相同電解質中，如水果中。

2. 測量水果電池的輸出電壓與電流

(1) 測量不同水果電池的輸出電壓與電流

(2) 測量不同果汁電池的輸出電壓與電流

3. 以吸水膠(聚丙烯酸鈉)分別吸附硫酸銅、硫酸鋅溶液，測量改良型伏打電池的輸出電壓與電流

以吸水膠吸附電解質，讓正負極電解質緊靠在一起，可達到電解質溶液不混合，但卻能有效降低電阻。

四、探究方法與驗證步驟

實驗 1：測量鋅銅電池原型的輸出電壓與電流

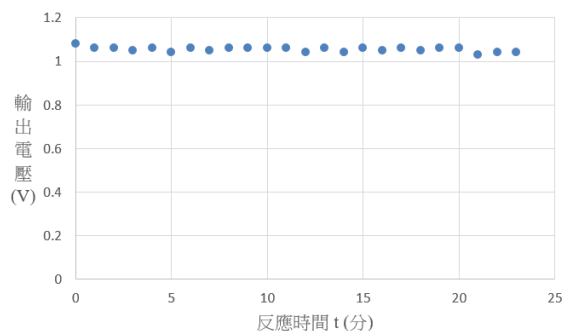
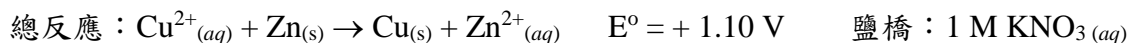
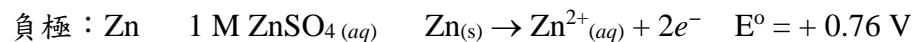
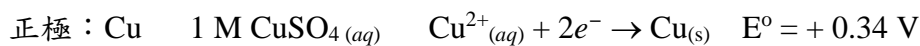


圖 1

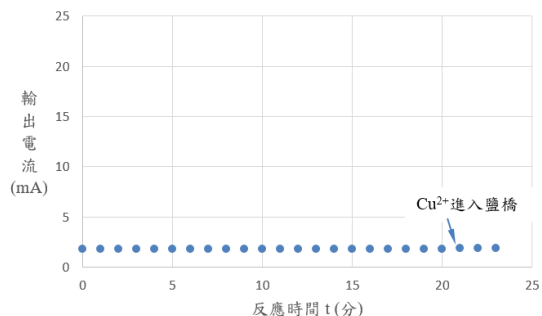


圖 2

結果：輸出電壓約為 1.05 伏特，輸出電流約 2 mA。

實驗 2：測量水果電池的輸出電壓與電流

(1) 測量不同水果電池的輸出電壓與電流

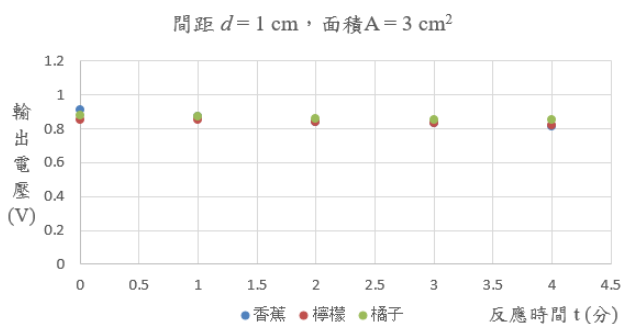
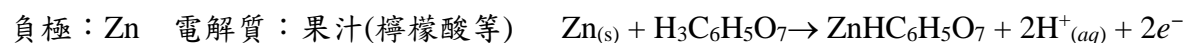
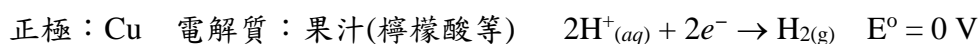


圖 3

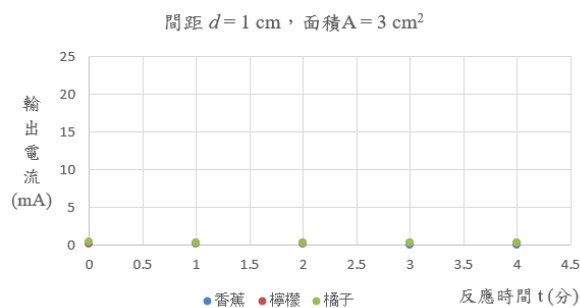


圖 4

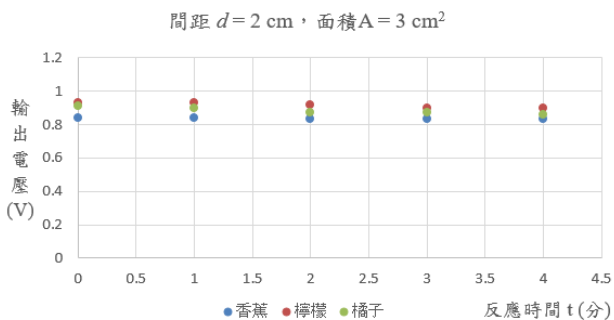


圖 5

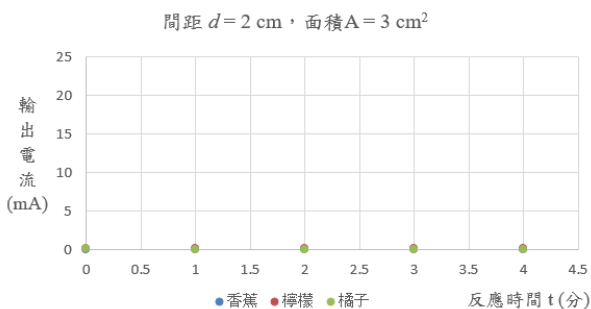


圖 6

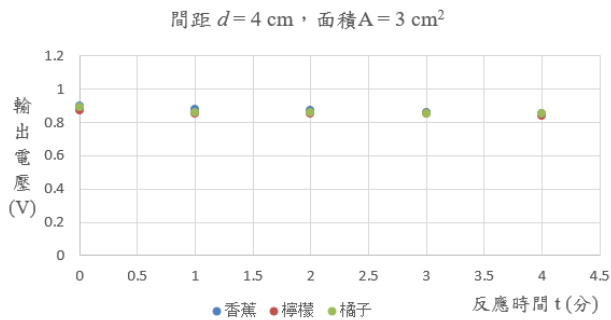


圖 7

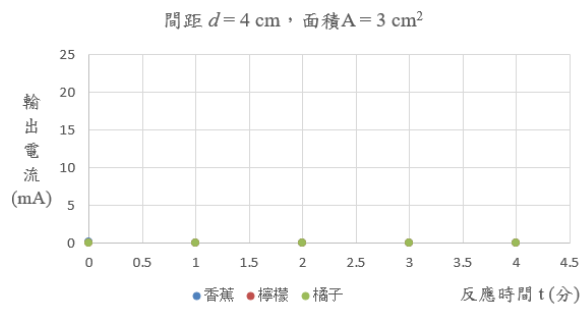


圖 8

(2) 測量不同果汁電池的輸出電壓與電流

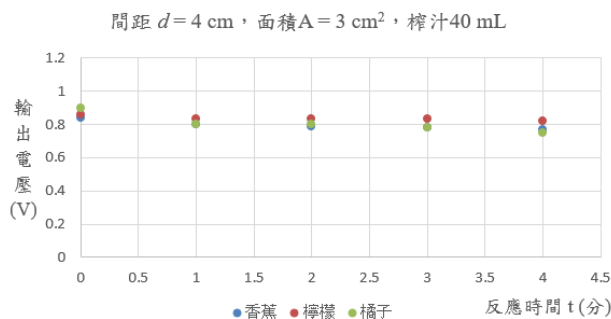


圖 9

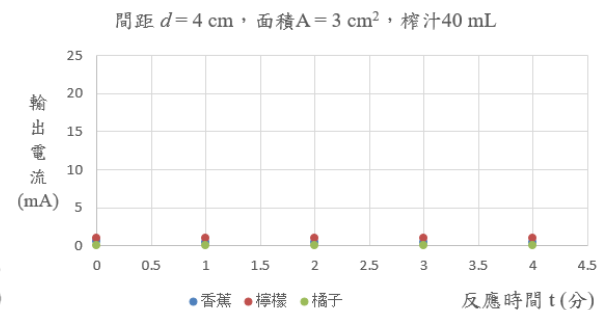


圖 10



結果：

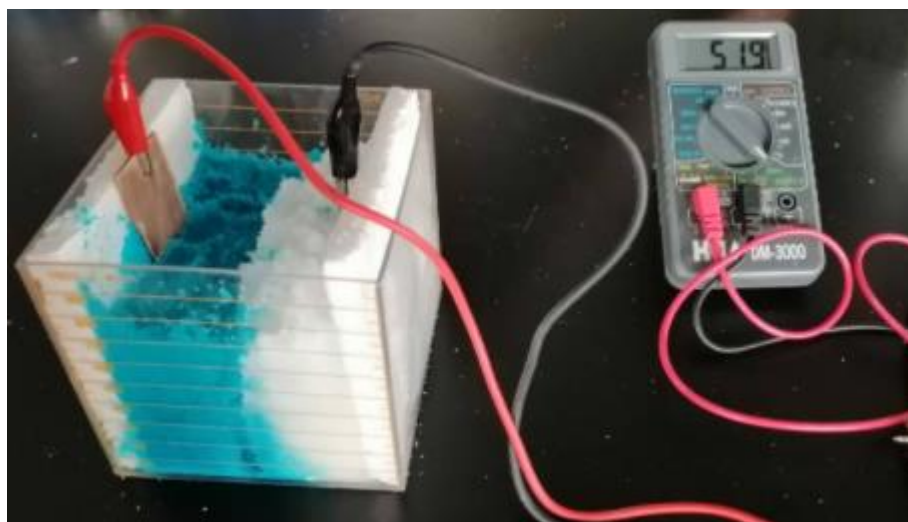
- (1) 輸出電壓約 0.8 ~ 0.9 伏特，水果電池輸出電流低於 0.4 mA，水果果汁電池輸出電流約 0.5 ~ 1.0 mA，沒有實用性。
- (2) 由圖 4、6、8 發現，兩電極間距 d 越小，輸出電流越大。
- (3) 由圖 4 發現，兩電極間距 d 小時，橘子的輸出電流較大。
由圖 4 發現，兩電極間距 d 大時，香蕉的輸出電流較大。
- (4) 由圖 8、10 發現，將水果打成果汁，確實能有效提高輸出電流。

猜想：橘子與檸檬皆有瓣膜，形成電流阻隔，而打成果汁破壞瓣膜，電流隨之增大。

實驗 3：測量改良型伏打電池的輸出電壓與電流

秤量 20 克吸水膠(聚丙烯酸鈉)放至 1000 mL 的燒杯中，逐次加硫酸銅溶液。

秤量 20 克吸水膠(聚丙烯酸鈉)放至 1000 mL 的燒杯中，逐次加硫酸鋅溶液。



正極：Cu 1 M $\text{CuSO}_4(aq)$ (吸水膠) 負極：Zn 1 M $\text{ZnSO}_4(aq)$ (吸水膠)

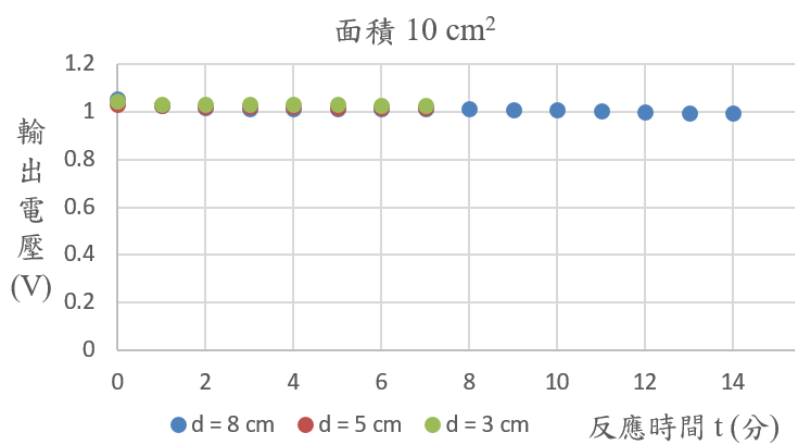


圖 11

結果：輸出電壓 V 幾乎與兩電極間距離 d 無關，但隨反應時間變長而略減。

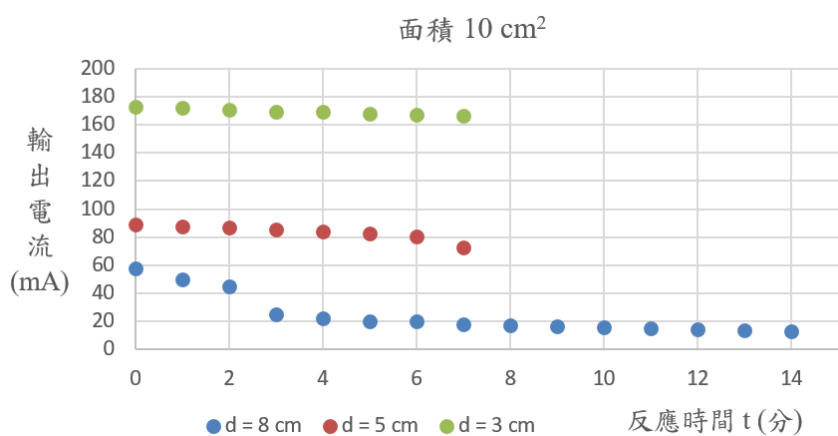


圖 12

結果：

兩電極間的距離 d 越小，則輸出電流越大。反應時間越長，則輸出電流漸減。
觀察：反應一段時間後，硫酸銅溶液與硫酸鋅溶液相互擴散，減少有效濃度。

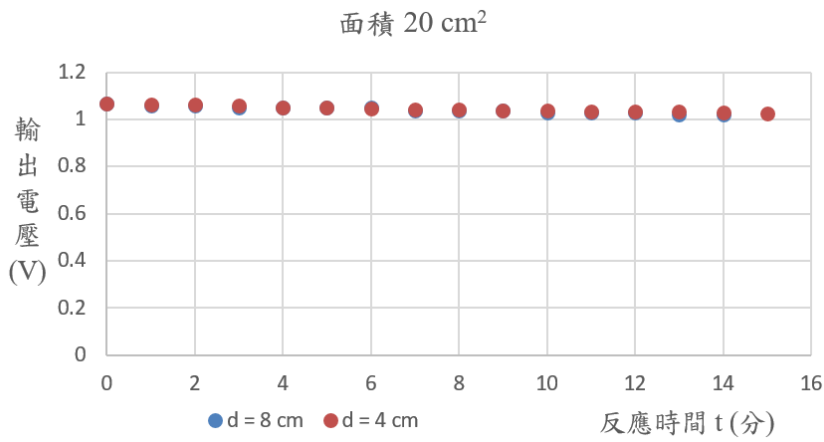


圖 13

結果：輸出電壓 V 幾乎與兩電極間距離 d 無關，但隨反應時間變長而略減。

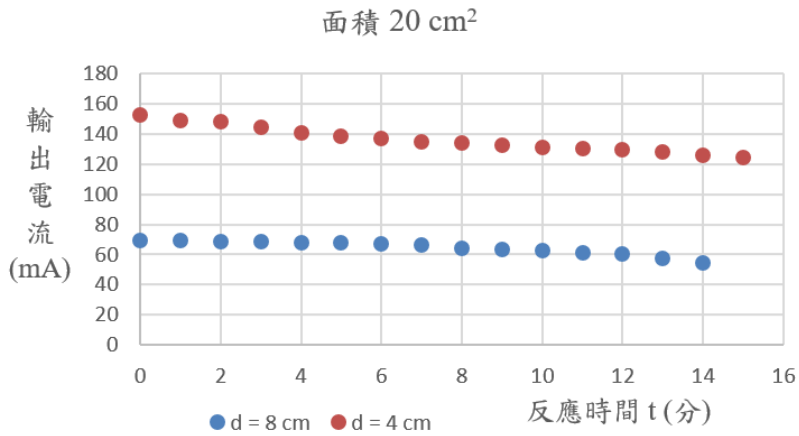


圖 14

結果：

- (1) 兩電極間的距離 d 越小，則輸出電流越大。反應時間越長，則輸出電流漸減。
- (2) 兩電極金屬片插入電解質中的面積越大，則輸出電流越大。

正極：Cu 1 M $\text{CuSO}_4(aq)$ (吸水膠) 負極：Al 1 M $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(aq)$ (吸水膠)

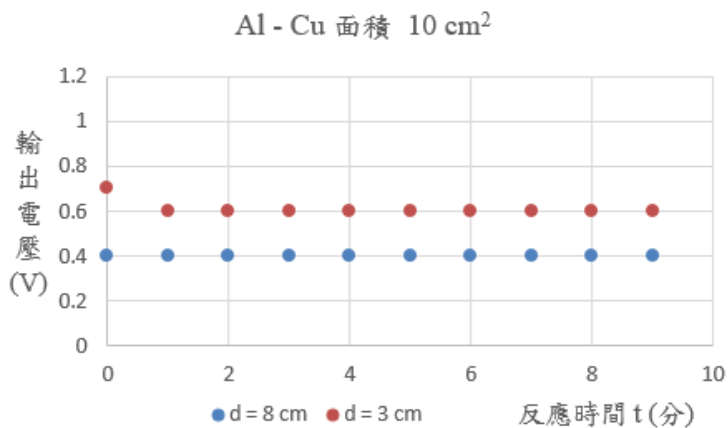


圖 15

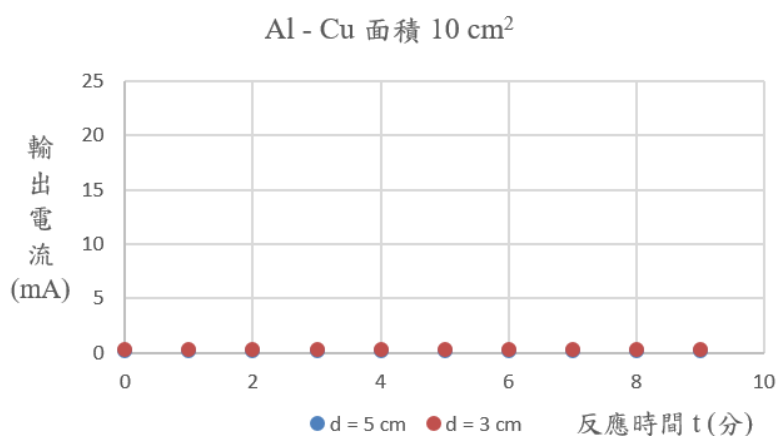


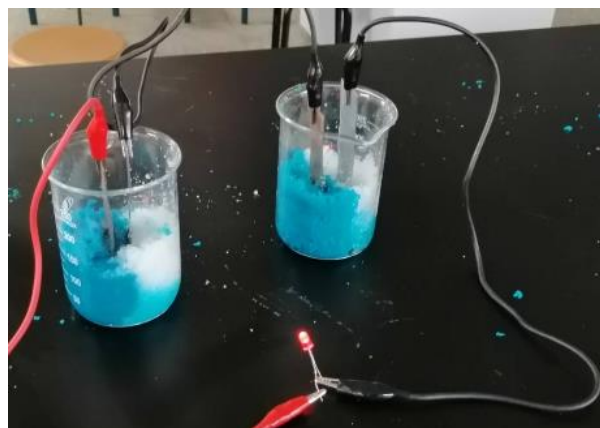
圖 16

結果：

- (1) 硫酸鋁溶液呈現乳白色膠態狀，輸出電壓小、電流極小，無實用價值。
- (2) 兩電極間的距離 d 越小，則輸出電壓越大，電壓幾乎與反應時間無關。
兩電極間的距離 d 越小，則輸出電流越大，電流幾乎與反應時間無關。

五、結論與生活應用

1. 伏打電池因鹽橋的高內電阻，造成輸出電流極小。
2. 水果電池因正負極的電解質相同，皆為果汁，正極反應 $2\text{H}^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{H}_{2(g)}$ ，只有負極提供氧化電位，使得兩電極間的氧化還原電位差低於伏打電池，而且水果果汁並未有效降低內電阻，使得輸出電流反而更小。
3. 將水果打成果汁，破壞其瓣膜，確實能提高電流，但電流仍不到 10 mA。
4. 以吸水膠(聚丙烯酸鈉)分別附硫酸銅溶液及硫酸鋅溶液，可將輸出電流 2 mA 最多提高至 1870 mA 左右，大大提高其實用性。
5. 將兩組新型電池串聯，成功點亮一顆工作電壓/電流 1.8 ~ 2.2 V/20 mA 的紅光 LED。



參考資料

1. 放電指數，賴彥蓉、張鈞弼、張家偉、陳立軒，嘉義縣私立協同高級中學，國中組化學組第三名，38 th 科展。
2. 小而省的高效率鋅銅電池，張雅茜、林宛瑩、宋沛穎、吳欣柔，國中組化學，44 th 科展。