

水果電池

鄭華生

國立清華大學化學系

橘子含有檸檬酸等電解質，插入兩根不同金屬（線、棒或板）時，它們之間會有電壓，這就是橘子電池⁽¹⁾。其實，所有的水果，甚至一般的植物、動物都含有某些電解質，都可以當做電池。例如，使用銅線和鋅線做為電極，以數位三用電表測量若干蔬菜和水果電池電壓的結果如下。

小蕃茄	0.92 V	
葱（白色部份）	0.72 V	
香蕉	0.88 V	（電極穿過外皮插入肉中）
梨：（軟）	0.91 V	
（硬）	0.89 V	
橘子：肉	0.92 V	
皮	0.7 ~ 0.8 V	（外皮和附在皮內的膜各有不同的電壓）

葡萄（使用一串葡萄）：

電極在同一顆粒	0.97 V
電極各在不同顆粒	0.37 ~ 0.42 V
最下面一粒和最上面梗之間	0.38 V
最下面梗和最上面梗之間	0.36 V

動物體的電池如下：

瘦豬肉	0.77 V
人體（口水：電極放在舌頭上）	~ 0.7 V

〔注意〕

(1) 人體實驗慎防短絡二電極而燙傷舌頭。

(2) 電極不宜久放舌頭上以免中毒。

各種水果所含電解質都不相同，因此所顯示的電壓亦不相同。本實驗非常簡單，只要有一台數位三用電表即可隨時做，適合各級學校做示範實驗，學生實驗或科學活動之用。今年八月中，選擇若干水果，讓參加夏令營的高一生做專題實驗，同學邊吃水果邊做實驗，樂趣無窮，大概是印象很深刻的原故吧，有些同學在教師節前夕寄來賀卡道謝，真難得。實驗後，看了他們的報告，並經過討論才知道原先的實驗內容太難，所以將原步驟稍做修改簡化，供參考。步驟以修完基礎理化的高一同學為對象，故對其他各級學校各年級學生可彈性調整。

【目的】

讓同學關心日常生活中的化學現象。將不同金屬對插入蔬菜或水果中，測量電壓，瞭解它們可當做電池的現象，並決定金屬電極電壓的大小順序。

【實驗器材】

數位三用電表	1
砂紙	若干
鱷魚夾	2
石墨棒（利用鉛筆芯；3～5公分）	1
（金）、（銀）、銅、鋅、鉛、鎂等（各3～5公分長）	各1
鐵釘（約3公分長）	5
燒杯（50毫升）	若干
水果、蔬菜（地瓜、蘿蔔等）	任選一種

【步驟】

1. 用砂紙將石墨、各種金屬、鐵釘等磨亮去銹。金和銀則用碳酸氫鈉粉末磨亮，切勿用砂紙。

2. 將石墨插入果菜（下面以蘋果為例說明），另將5支鐵釘插入蘋果的不同地方，靜待1～2分鐘，以鱷魚夾（紅色）將石墨連結數位三用電表的正端（紅色），另以鱷魚夾（黑色）將一支鐵釘連結電表的負端（黑色），測量電壓為多少。將黑色鱷魚夾換夾其他鐵釘，測量電壓為多少。

石墨與每一支鐵釘之間的電壓是否相同？電極的位置會不會影響電壓？

3. 將石墨插入蘋果，並連結在電表的正端。將其他金屬插入蘋果的不同地方，靜待1～2分鐘。測量各種金屬（接在電表的負端）與石墨所構成的電池之電壓。

試求以石墨為基準電極（其電壓為零）的各種金屬電極的電壓，並以大小順序排列之。

【註】⁽²⁾

$$\begin{aligned}(\text{電池電壓}) &= (\text{正極電壓}) - (\text{負極電壓}) \\&= (\text{石墨電極電壓}) - (\text{金屬電極電壓}) \\&= 0 - (\text{金屬電極電壓}) \\&= -(\text{金屬電極電壓})\end{aligned}$$

$$\therefore (\text{金屬電極電壓}) = -(\text{電池電壓})$$

$$\therefore (\text{電池電壓}) > 0$$

$$\therefore (\text{金屬電極電壓}) < 0$$

4. 將蘋果榨汁，放入燒杯中，插入石墨和鐵釘，各連結電表的正、負端，測量電壓，是否與步驟2所得者相同？

【參考事項】

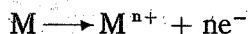
1. 先給同學說明數位三用電表的使用方法和注意事項，如不可短絡等。數位三用電表內藏有 $1 \times 10^7 \Omega$ 之電阻，故它會減小因電流通過電解質溶液時所引起的*iR*下降至可忽略的程度，得準確電壓值。

2. 電池電壓必定是正值；若得負值，是接錯導線之故。

3. 本實驗正極使用石墨（碳），可使同學連想常用二氧化錳乾電池的正極。乾電池正極粗大，可用銼刀磨細。使用鉛筆芯較方便。

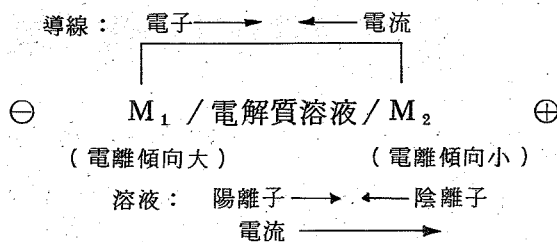
4. 插入金屬電極後宜等待1～2分鐘，使其電離到達平衡後才測量穩定電壓（可測至小數第三位），否則電壓會一直增加或減少（即是不安定）。

金屬（M）在任何水溶液中都有電離的傾向，將電離傾向較大的金屬 M_1 （如銅）



浸入於電離傾向較小的金屬 M_2 （如銀）之鹽溶液（ $M_2^{n_2+}$ ）時，前者溶解變成 $M_1^{n_1+}$ 離子，而金屬 M_2 會析出在 M_1 上面。假若將 M_1 和 M_2 同時插入於同一電解質溶液，

並將二金屬連結在電壓計，可測量這電池的電壓。電流的流動方式如下：



M_1 所釋放出來的電子沿著導線到達 M_2 ； M_2 是正極， M_1 是負極，故電流由 M_2 沿著導線流動至 M_1 。溶液中的導電由陽離子和陰離子擔任：陽離子往正極 M_2 移動，因陽離子帶正電荷，其移動方向即是電流的流動方向；陰離子往負極 M_1 移動，因陰離子帶負電荷，其移動方向與電流的流動方向相反。總之，溶液中電流由負極 M_1 流動至正極 M_2 。

5. 電離傾向小的金屬，如金、銀、鉑等，是貴金屬，電離傾向大的金屬，如鎂、鋅等，是賤金屬。

6. 同學們對本實驗的印象特別深刻，且似乎深深感覺到自然的奧妙，故請指導老師讓他們儘量享受這種感受，切勿指定觀察事項，過份的填鴨式講解，要求寫報告等，而打擾他們的思考。

電解質、半電池、鹽橋、標準電極電位等等，遠超過高中生的理解範圍，請老師避免使用。尤其是標準電極電位，學生只會機械的計算操作，根本不理解其物理意義，經常引起誤解。本實驗根據觀察高一、高二績優生的實際理解狀態而設計，正極使用不具電離傾向的石墨是一例，請老師指導同學時做參考。

參考資料：

1. 日本化學會編：「樂趣中學化學——簡單的示範實驗」P.159.化學同人（1984）。
2. 鄭華生：科學教育，78，P.64（1985）。