

## 直接甲醇燃料電池

國立台灣大學化學系普化教學組

一、目的：學習直接甲醇燃料電池（direct methanol fuel cell，DMFC）之製作原理及性能測定<sup>(1)</sup>。

二、實驗技能：學習電解、電鍍、電化電池、組裝甲醇燃料電池及電源供應器與三用電表之使用等實驗技能。

三、原理：

（一）電化電池

電化電池是利用自然發生的氧化還原反應，經電化電池的裝置將化學能轉變為電能。以鋅銅電化電池為例（圖 1），陽極為鋅片進行氧化反應產生鋅離子與電子（式 1），電子經外電路的導線傳遞到陰極之銅片，陰極半電池中之銅離子於銅片上接受電子進行還原反應（式 2），總反應如式 3 所示。陽極與陰極兩半電池間以含有電解質的鹽橋連接，藉由鹽橋中所含帶電荷離子的移動形成完整的電路。鋅銅電化電池在 25°C， $[Zn^{2+}]$ 、 $[Cu^{2+}]$  均為 1 M 的標準狀態下，電池的標準電位（ $E^{\circ}_{cell}$ ）為 1.10 V。

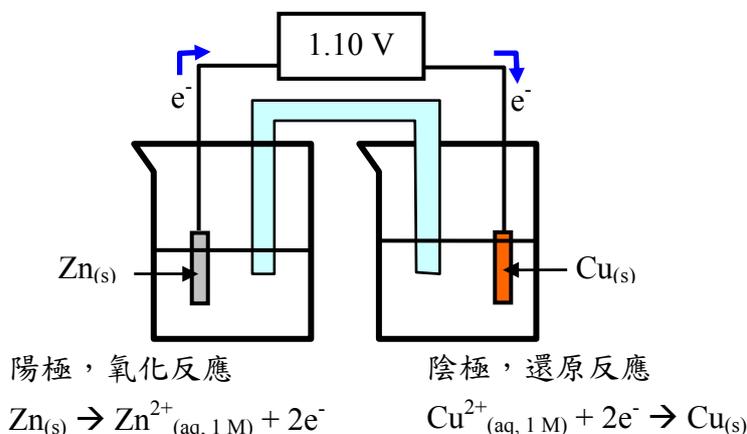
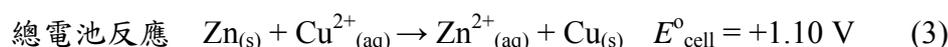


圖 1 鋅銅電化電池示意圖



## (二) 燃料電池

燃料電池的設計原理與鋅銅電化電池相似，也是利用可以自然發生的氧化還原反應之化學能轉換為電能。燃料電池的燃料（甲醇或氫氣）在陽極產生氧化反應，陰極則是氧氣進行還原反應，只要燃料源源不絕，燃料電池就可以持續放電<sup>(2)</sup>。由於燃料電池具有無噪音、低污染、高效率、燃料更換容易及燃料可來自再生資源等優點，可應用於發電、汽車到個人電子產品等領域，而益顯重要。

最早提出之氫氣/氧氣燃料電池系統，陽極進行氫氣氧化（式4），產生的電子經外電路傳遞給陰極之氧氣，氧氣經還原反應獲得電子形成氧離子，陽極所產生的質子經質子交換膜傳遞到陰極與氧離子生成水（式5），總反應如式6，反應裝置如圖2所示。由於氫氣的儲存不易，因此針對攜帶式的電池目前發展以液體甲醇為燃料，透過陽極催化氧化反應將化學能轉成電能。

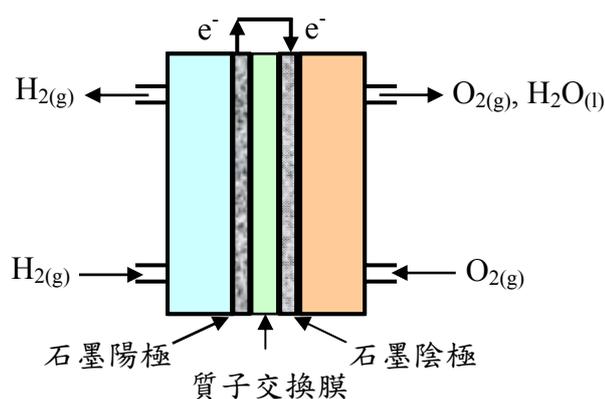
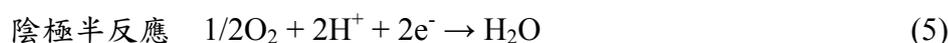
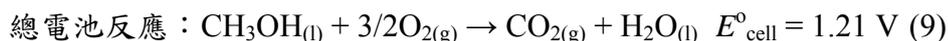


圖2 氫燃料電池示意圖



### (三) 直接甲醇燃料電池

直接甲醇燃料電池是將甲醇燃料注入陽極酸性溶液中，在鉑觸媒催化下氧化產生二氧化碳與質子（式 7），質子移動至陰極，與氧氣在陰極被還原成的氧離子生成水（式 8），總反應如式 9。



標準狀態下直接甲醇燃料電池的電動勢（electromotive force, emf）為 1.21 V，但由於甲醇可能氧化不完全而產生甲醛或甲酸，因此所得到的電動勢較理論值為低。本實驗以鉑（Pt）為觸媒，稀硫酸水溶液為電解質，甲醇為陽極之燃料，溶解於溶液中的氧氣於陰極進行還原反應，設計裝置一組直接甲醇燃料電池，探究並測試影響其效能的因素。

### 四、儀器與材料：

電源供應器及鱷魚夾連接線（2 條）、三用電表、石墨棒（乾電池）、鎳鉻線（Ni-Cr，20~25 cm，2 條）、針筒（10 mL，2 支）、矽膠管（5 cm）、燒杯（30 mL，2 個）、塑膠滴管（2 支）、LED 燈、小廣用夾（2 支）、計時器、免洗筷、濾紙、標籤紙。

### 五、藥品：

1 M 硫酸（sulfuric acid， $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）

甲醇（methanol， $\text{CH}_3\text{OH}$ ）

六氯鉑(IV)酸（hydrogen hexachloroplatinate(IV) hexahydrate， $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）

氯鉑酸電解液：1 g 之  $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  溶於 250 mL 之 1 M HCl

### 六、實驗步驟：

#### (一) 製備鉑電極

1. 製作 2 支螺旋狀 Ni-Cr 電極

取 2 條約 20 cm 的 Ni-Cr 線，一端保留 6~10 cm 長度做為連接電路之用，剩餘部分以洗筷為軸，繞成內徑約 4 mm 的螺旋狀電極。

## 2. 電清潔螺旋電極

以 30 mL 燒杯裝取約 25 mL 之 1 M 硫酸溶液作為電解液。先檢查並確定電源供應器的所有調控鈕均為歸零狀態並關閉電源，再以鱷魚夾線連接電源供應器的正極（紅端）與螺旋電極；電源供應器的負極（黑端）連接石墨電極棒，將兩者浸泡於 1 M 硫酸溶液中（注意，兩極需隔開勿碰觸）。打開電源供應器開關，調整電壓調控鈕（VOLTAGE）及電流調控鈕（CURRENT），至電流強度約 200 mA（0.2 A），通電 10 秒鐘進行電解，通電結束後，關閉電源並以蒸餾水清潔電極。

## 3. 電沉積鉑觸媒

取約 20 mL 之六氯鉑(IV)酸溶液於 30 mL 燒杯中，將清潔好的 2 支螺旋電極懸掛於杯內並連接到電源供應器的負極（黑端）；石墨電極棒置於燒杯內的另一側（燒杯內電解液可用濾紙隔開，以避免兩電極碰觸）並連接電源供應器的正極（紅端）。開啟電源供應器，以約 20 mA（0.02 A）電流強度，通電 30 分鐘以鍍鉑。通電結束後，取出電極，浸泡於 1 M 硫酸溶液約 30 秒以清潔電極。再以清水沖洗電極後，將電極儲存於裝有乾淨蒸餾水的燒杯中，要注意避免刮損電極。

# （二）組裝燃料電池

## 4. 組裝電池

參照圖 3，將 2 支 10 mL 塑膠針筒，以小廣用夾固定於鐵架上，底端以矽膠管連接。自其中一支慢慢加入 12~15 mL 的 1 M 硫酸溶液（注意，應避免產生氣泡），再將 2 支鍍鉑電極置於針筒內的溶液中，兩電極頂端以鱷魚夾線分別與三用電表的正負極相連。

## 5. 燃料電池測試

測量組裝完成但尚未加入甲醇燃料之電池電流（組裝完成的電池會有一

微小的電位差，因此會測得極小的電流）。再於連接電表負極（黑端）的針筒中，滴加入約 10 滴（0.2 mL）甲醇，觀測電流的輸出（會立刻產生約 0.5 mA 左右的電流輸出）；而後數值逐漸下降直到穩定，此時若於連接電表正極（紅端）的針筒溶液中，以塑膠滴管注入空氣，電流會再度產生。

#### 6. 燃料電池之應用

串聯數組燃料電池，連接 LED 燈或鬧鐘等，觀察其供電驅動情形。

註：LED 燈之長腳連接電源正極、短腳連接電源之負極。

#### （四）實驗結束後回收處理

7. 實驗結束後，應將鍍鉑電極浸泡於乾淨的蒸餾水中收存。
8. 未污染之六氟鉑(IV)酸電解液倒入指定回收瓶中，供下次再使用。有污染的溶液則倒入重金屬廢液回收桶。
9. 三用電表及電源供應器之調控鈕歸零並關閉開關，整理鱷魚夾連接線。

#### 七、參考資料：

1. Zerbinati, O. J. *Chem. Educ.*, **2002**, 79, 829-931.
2. 薛康琳，*化學*，**2004**，62，149-156。
3. 盧敏彥，*化學*，**2004**，62，139-148。
4. 方金祥、游苑平，*化學*，**2004**，62，547-554。

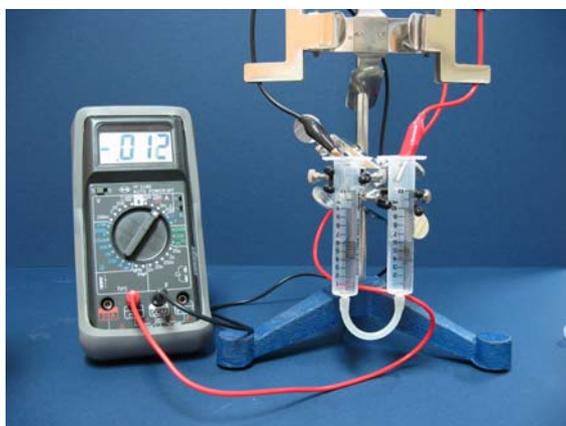


圖 3 直接甲醇燃料電池裝置

## 直接甲醇燃料電池

## 一、實驗數據與紀錄：

項目	正極（紅）	負極（黑）	時間	電流強度
電清潔螺旋電極				
電沉積鉑觸媒				
燃料電池				

## 二、問題與討論：

1. 為什麼需在鎳鉻線電極上鍍鉑？是否可使用純鉑電極？是否可使用石墨電極取代？
2. 實驗步驟 5，甲醇燃料電池於電流輸出後數值逐漸下降直到穩定，若於連接電表正極的針筒溶液中以塑膠滴管注入空氣，電流會再度產生。試說明其原因，並提出改進方法。