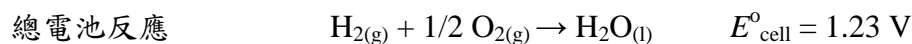
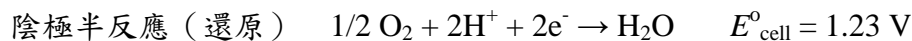


綠色環保——簡易氫氧燃料電池

一、目的：

綠色環保日益抬頭，身為知識份子人人均有責任為愛護地球盡一分心力。目前所使用之燃料（汽油、瓦斯等等）在燃燒過後，均會產生大量的CO₂，造成嚴重的溫室效應，致使地球表面溫度日漸升高，影響環境生態甚深，因此如何減少CO₂的排放，為當前重要的課題。本實驗以綠色環保為出發點，利用電解水得到氫氣及氧氣（化學能轉成電能）；再由氫氣與氧氣產生水（電能釋放），而形成無污染之氫氧環保電池。同時也讓學生學習：氧化還原反應、電解、充電、放電之原理，並藉由加入不同電解質，對氫氧電池之電壓、充電效果及持久性做更進一步之探討。

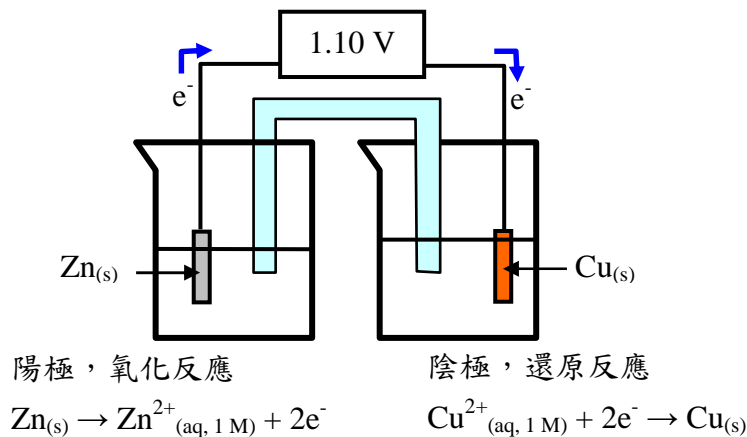
二、實驗方程式：（放電）



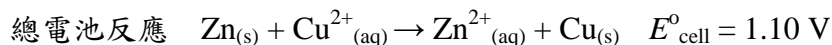
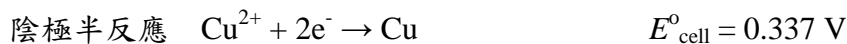
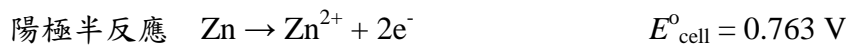
三、原理：

（一）電化電池

電化電池是利用自發性氧化還原反應，利用金屬活性之大小不同，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，陽極為鋅片進行氧化反應產生鋅離子與電子，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。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℃，[Zn²⁺]、[Cu²⁺]均為1M的標準狀態下，電池的標準電位（ E°_{cell} ）為1.10V。



鋅銅電池示意圖



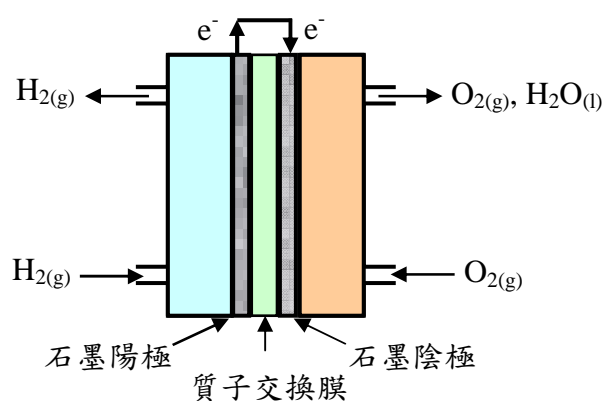
(二) 燃料電池

燃料電池是用汽油、酒精、天然氣、氫氣、沼氣等燃料轉換成電流。可以替代汽車的內燃機，取代筆記型電腦的電池、手機電池、計算機、汽機車、游艇等設備之發電用。充電時，只要清空充滿副產品水的容器，然後再裝進燃料（酒精等燃料）即可，簡單的說，燃料電池，就是一個發電機。燃料電池是火力、水力、核能外第四種發電方法。本實驗以氫氣為燃料、氧氣為氧化劑，通過化合作用發電，此種燃料電池又叫再生性氫氧燃料電池 (regenerative fuel cell, RFC)。氫和氧化學反應生成水蒸氣，不排放碳化氫、一氧化碳、氮化物和二氧化碳等污染物質，排出物是無污染的水。氫氧燃料電池排放出非常清潔的副產品，幾乎無污染且高效率。

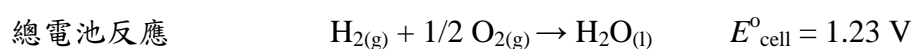
氫氧燃料電池的設計原理與鋅銅電化電池相似，也是利用可自發的氧化還原反應之化學能轉換為電能。氫氧燃料電池的燃料（氫氣）在陽極產生氧化反應，陰極則是氧氣進行還原反應，只要燃料源源不絕，氫氧燃料電池就

可以持續放電。由於氫氧燃料電池具有無噪音、低污染、高效率及燃料可來自再生資源等優點，且最終副產品只有熱能與純水，不會對環境造成任何威脅並可應用於發電、汽車到個人電子產品等領域，而益顯重要，現已成為國際間競相發展之能源技術。

最早提出之氫氣氧氣燃料電池系統，陽極進行氫氣氧化，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反應生成水（如下圖）。



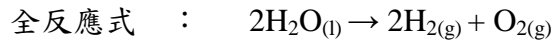
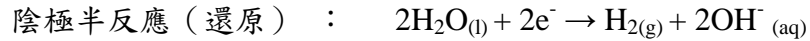
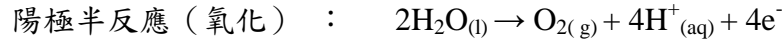
氫氧燃料電池示意圖



（三）水的電解（對氫氧電池充電）：

水電解的過程中，電極的陽極部分發生氧化作用（放出氧氣），陰極部分則發生還原作用（放出氫氣），兩極產生的氣體體積比為1：2。因為溶有電解質的水溶液具有導電的特性，可促進電解反應的進行。

其化學反應表示如下：



四、儀器與材料：

名稱	數量
碳棒（回收3號碳鋅電池）	2
高溫瓦斯槍（活化碳棒）	1
熱熔膠槍（固定碳棒電極）	1
1.5V乾電池（電解用）	2
透明塑膠試管（收集氫氣、氧氣用）	2
含蓋有刻度之40ml量杯（電解槽）	1
LED燈、蜂鳴器、計時器、計算機（檢測用）	1
三用電錶	1
鱷魚夾	2
太陽能板	1

五、藥品：

Sodium hydroxide 氫氧化鈉 NaOH	白色粒狀、塊狀、片狀或條狀，無味。非可燃性物質；物質本身不會燃燒，但會在受熱下分解釋放出具腐蝕和 / 或毒性煙煙，接觸金屬會放出可燃的氫氣。 健康危害：毒性 ；若吸入、食入或皮膚接觸此物質會造成嚴重傷害或死亡，當皮膚和眼睛接觸到熔融的物質時會造成嚴重的灼傷，避免任何的皮膚接觸，接觸或吸入的效應會有延遲的現象，用於控制火勢或稀釋用的水，流出後會有腐蝕或 / 和毒性，並造成污染。
Potassium hydroxide 氫氧化鉀 KOH	白色、微黃色固體，無味。非可燃性物質；物質本身不會燃燒，但會在受熱下分解釋放出具腐蝕和 / 或毒性煙煙，接觸金屬會放出可燃的氫氣。 健康危害：毒性 ；若吸入、食入或皮膚接觸此物質會造成嚴重傷害或死亡，當皮膚和眼睛接觸到熔融的物質時會造成嚴重的灼傷，避免任何的皮膚接觸，接觸或吸入的效應會有延遲的現象，用於控制火勢或稀釋用的水，流出後會有腐蝕或 / 和毒性，並造成污染。
Sodium sulfate 硫酸鈉 Na ₂ SO ₄	白色晶體，無味。比重2.671，溶於水與甘油；不溶於乙醇。不可燃，無毒。

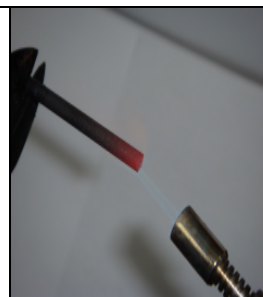
Potassium sulfate 硫酸鉀 K_2SO_4	白色固體，苦鹹味。比重2.66，溶於水；不溶於乙醇。不可燃，無毒。 可當食品添加劑。
Sulfuric Acid 硫酸 H_2SO_4	純粹的無水硫酸為無色無臭的油狀液體；不純物則成黃色或棕色。 沸點338°C，能與許多金屬反應，濃硫酸有強烈的腐蝕性及脫水性， 常用做化學試劑和用於製造肥料，並廣泛應用於淨化石油以及染料 等工業中。

六、實驗步驟：

(一) 燃料電池實驗裝置的製作

1、碳棒（電極）之活化處理：

- ①小心將兩顆回收之3號碳鋅電池撥開，並取出其中之碳棒。
- ②用清潔劑將取出之碳棒清洗數次後備用（表面油污儘可能洗淨）。
- ③用鐵鉗夾住碳棒，將碳棒在高溫瓦斯噴槍之火焰上加熱至紅熱，將其插入冷水中使其急速冷卻。
- ④重複步驟③約十次使碳棒之每一部位皆達紅熱後再急速冷卻，使碳棒表面活化。



2、電解管的製作：

- ①電解管之功用在於收集電解水所產生之氫氣及氧氣。
- ②取兩隻5毫升之透明塑膠管，下方先行鑽洞（大小不拘）。
- ③透明塑膠管上方鑽一個直徑約為5mm的小洞，讓電極碳棒足以穿過（碳棒的直徑約為4mm），穿過後讓碳棒突出約1cm的長度，以熱熔膠封住碳棒與塑膠管之縫隙。



3、電解槽的設計及製作

- ①取一個含蓋有刻度的量杯
- ②取下蓋子，量好兩隻電解管放置的位置鑽洞（各鑽一個洞，直徑約為5mm）。



- ③先前製作電解管，利用熱溶膠未乾之時，迅速將電解管上方突出之碳棒由已鑽洞的電解槽蓋子底部下方穿過，用力壓住直至熱溶膠冷卻變乾黏合。



④將製作好之電解管瓶蓋與量杯結合，即為簡易的燃料電池實驗裝置



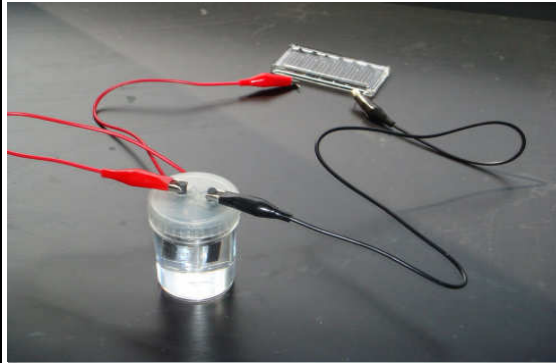
(二) 水的電解 (充電)

- 1.在電解槽內加入約40ml的電解質 (本次實驗所用之電解質分別為：NaOH、KOH、Na₂SO₄、K₂SO₄等四種)
- 2.鎖緊瓶蓋，將裝置倒立，務必使電解管內的空氣全移至電解管外，而後再將裝置正立。
- 3.將電解槽瓶蓋旋鬆，以利電解時壓力平衡。
- 4.以鱷魚夾分別將電解槽電極與電池正、負極連接，進行電解 (將氫氧燃料電池充電)。
- 5.本實驗電解所使用的電源有兩種

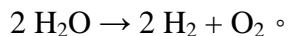
(1)3V鹼性電池



(2)太陽能板



6.經過數秒鐘電解，兩電極開始出現氣泡，表示電解水進行中，約莫5分鐘後，在兩支電解管中分別收集到氧氣約1.5ml及氫氣約3 ml，氫氣與氧氣之體積比正好為1：2，同時分別形成了氧電極及氫電極，其反應式為



- ①如果使用太陽能板進行電解則需約30分鐘。
 - ②若電解過度而收集過多氣體，會使電極無法與電解質接觸，則將無法導電。
 - ③先使用9V電解數秒 (將電極活化)，再以3V電池進行電解。
- 7.拔掉電源終止電解，即完成氫氧燃料電池之充電過程。



(三) 氫氧燃料電池放電：

- 1.以三用電錶量測氫氧燃料電池之電壓，記錄下來。
- 2.氫氧燃料電池之正極(氧電極)及負極(氫電極)分別與計時器、LED 燈、計算機、蜂鳴器、小燈泡等電器之正極與負極相連接(即正極接正極，負極接負極)，此時即開始由氫氧燃料電池之正極(氧電極)收集到的氧氣與及由負極(氫電極)收集到的氫氣化合成水，而產生電流，此即為氫氧燃料電池的原理，看看這些電器是否能正常運作，並觀察紀錄運作之效果及時間長短。



(四) 更換電解質

- 1.分別使用不同之電解質—NaOH、KOH、Na₂SO₄、K₂SO₄等四種
- 2.分別重複上述之實驗
- 3.分別記錄實驗結果
- 4.與其他組別之燃料電池，以串聯或並聯方式再次檢測，並紀錄實驗結果。

七、注意事項：

- 1.電解質 NaOH、KOH 為強鹼，觸摸後有滑膩感。如不小心接觸需以大量清水清洗。
- 2.裝入電解質時，務必使電解管內的空氣全移至電解管外。
- 3.不可電解過度而收集過多氣體，會使電極無法與電解質接觸，此時將無法放電。

八、實驗問題：

- 1.試說明氫氧燃料電池之特性(優、缺點)。
- 2.為何碳棒須以高溫煅燒活化？
- 3.電解管內空氣為何須完全趕出？
- 4.電解質在本實驗所扮演的角色？不同電解質對實驗的影響為何？
- 5.以氧化還原的觀點，說明充電與放電在電極所產生化學反應相同及相異之處。
- 6.請利用生活週遭物品自行設計一個化學電池。

九、參考資料：

- 1.方金祥、游苑平（2004）：氫氧燃料電池之微型化設計及在電化學教學應用之研究。化學，62（4），547-554。
- 2.王蘊潔譯（2003）：66個挑戰創意的科學實驗（瀧川洋二、山村紳一郎 原著）（156-159）台北：世茂出版社。
- 3.簡易氫氧燃料電池的設計與教學應用 黃寶鈿 國立臺灣師範大學化學系。
- 4.國立台灣大學化學系 普通化學實驗 直接甲醇燃料電池實驗。
- 5.東海大學化學系 無機材料化學實驗 電化學電極電位之測定實驗。

綠色環保——簡易氫氧燃料電池

實驗結報

實驗結果：

項目 \ 電解質	NaOH/ (KOH)	H ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄ (K ₂ SO ₄)
濃度 (M)			
輸入電壓 (V)			
充電時間(分)			
輸出電壓 (V)			
電器種類	信 號 強 度		
LED 燈			
蜂鳴器			
計時器			
鎢絲燈泡			
馬達			

註：信號強度請以代號表示：

(微弱：△)；(中等：○)；(強：◎)；(無信號：×)