

後記

紅燈危險！插座電荷安不安全 看顏色就知

因為關心電線走火所引發的火災問題，大安高工兩位同學設計了插座電力負荷安全顯示器，只要看燈號，就知道你家的插座是不是負荷太重該調整了。

有趣的發明經常來自於對生活的關心，大安高工的蔡奕甫和陳韋立兩位同學，發現插座或延長線容易使用不當，造成負荷過重而電線走火的問題，加上一般人對於電流、電壓等知識不那麼清楚，更容易忽略用電安全。所以要怎麼樣讓一般人也可以發現插座電流過大呢？

有知識又有手藝 好搭檔分工出擊

兩位同學在做這個研究之，已在大安高工學過電磁學、變壓器、LED等相關課程，打下良好基礎，所以他們一想就想出五種解決問題的方法；但是這五種方法，哪些更容易、更可行，就靠指導老師林松裕老師，出手為他們挑選，最後就比較合適的二種方法來實驗。最後他們決定將不同顏色的LED燈裝在插座或延長線上，選用綠色安全、黃色普通、紅色危險的常用配色，這樣一般人只要一眼就能知道電流的危險程度到哪裡。

兩人的分工方式，基本上是蔡奕甫處理文獻和算數據，陳韋立纏線圈。線圈乍看之下很簡單，但纏起來要花上大半天的時間。「因為線圈不能斷，線又很長，所以就由手比較靈巧的人來做！」陳韋立笑著說。不過事實上兩人都是手藝靈巧的人，都有選手身份，主要參加室內配線比賽，陳韋立因為對程式有興趣，所以也朝工業配線發展；比賽不只要求正確，而且要在時間在做完，所以兩人手腳之快速準確就不用多說了。

研發超神速 做研究樂趣最重要

也許正因為兩人的手藝超群，他們的作品可能是高瞻計畫各得獎者中花費時間最少的——只花了十到十五天，利用放學時間做，一天花六小時，前面十三天左右都在研究和尋找材料，加上最後二天的成品製作，還要使用吹風機等做負載測試，這麼多工作竟然如期完成。「不過做出來的三種成品都放在系上的展示櫃了。」蔡奕甫說。這麼實用的東西被放在展示櫃，總覺得有點可惜呢！

兩個優秀的同學，都早在高三上學期就錄取理想的大學了，蔡奕甫在台科大電機系，未來希望可以當上工程師，主攻IC科技，而陳韋立則就讀北科大能源系，擅長邏輯的他，仍然對寫程式很有興趣，希望從事程式設計工作。而這次高瞻計畫的作品，其實正是在申請上了大學之後的高三上學期製作的，除此之外陳韋立還參加了電機整合比賽，和別校機械專長的同學合作設計打孔機。因此他們的成品完全是出於興趣，「玩」這個發明，帶著輕鬆的心情去做，成品反而更亮眼。

5-1

能源

實作作品



可逆式電解水及鹼性氫氧燃料電池

高雄市立高雄女子高級中學

沈君宜、周炯彤、周昱瑄、林軒仔、胡祖瑄、高嘉偵

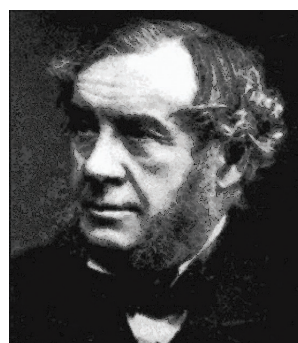
可逆式電解水及鹼性氫氧燃料電池

A 作品特色或用途

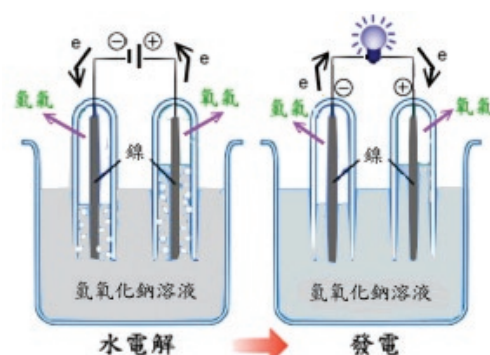
國中學過，將水電解時，在陽極會進行氧化反應，可以得到氧氣，陰極會進行還原反應，可以得到氫氣，供給電能可以轉換成化學能，那麼如果反過來將氫氣與氧氣放在一起可否逆反應回去產生水，放出能量呢？



1839年時，英國的威廉·葛洛夫(William Grove)在一項實驗操作中發現了將水的電解反應作逆向操作時可產生電能的現象，這是人們後來稱之為燃料電池的第一個裝置。



威廉·葛洛夫
(William Grove)



到了1889年藍吉爾(Charles Langer)與蒙德(Ludwig Mond)兩位研究者嘗試使用煤氣與空氣製作第一個實用的燃料電池，當時才定下了燃料電池——Fuel Cell這個名詞。接著燃料電池就斷斷續續的發展著，直到1950年代末期，NASA為了尋找其即將進行的一系列無人航太飛行提供動力的方法，由於使用乾電池太重，太陽能成本太高，而核能又有其潛在的危機，排除這幾種現有的能源，燃料電池正好吸引了他們的注意，於是就開始展開一系列的研究，從事開發實用的燃料電池設計，重新炒熱了燃料電池，後來在幾次的太空任務中，燃料電池用於驅動登月探險車及其是供應太空人飲用水，均證明了它的可行性。

近日石油價格飆漲，影響所及，遍佈全球社會各階層，尤其是有98%以上能源進口的台灣，開發包括氫能在內的各種替代能源已成為目前最熱門議題，氫能不僅可減少傳統能源的倚賴，更可避免燃燒化石燃料所帶來的環境問題，也因為氫氣具有乾淨、永續使用及高熱能值等特點，可說是一種取之不盡、用之不竭的潔淨自產能源。但必需結合以利用太陽能或與光合作用結合的生物程序產製氫氣，如此才能使過程具有乾淨及節能之優點，也才符合綠色環保而深具永續發展之氫能源生產技術。

燃料電池是目前氫能利用最有效率的技術，因為燃料電池為一種電化學反應裝置，能夠將儲存在氫氣中的能量，不必經過燃燒，直接轉化成電能，能源轉換效率高達80%以上，且工作溫度低、噪音低、僅排放純淨水，非常環保。氫能燃料電池在應用上，可作車用動力系統，作為石油的替代品，國際能源總署(IEA)就曾經表示，積極增加氫氣與其他較乾淨能源的使用量，可能讓二氧化碳等溫室氣體的排放量，在2050年前減少一半；同時如果環境許可，氫能與氫能燃料電池可以讓能源使用者多一種選擇，在捨棄石油、天然氣與煤氣等易汙染的化石燃料上扮演關鍵的角色。

簡單地說，燃料電池是一種把化學能直接轉換成電能的裝置，只要不斷地供應燃料，就會持續地輸出電力。燃料通常是氫氣、甲醇、乙醇、天然氣或其他的碳氫化合物，氧化劑則可以用空氣中的氧，而副產物是熱、純水或較少量的二氧化碳。

近年來，因為石化能源的危機與環保意識的抬頭，燃料電池的發展更是如雨後春筍，各式各樣，不同型式的燃料電池被開發出來，不但提昇了燃料電池的發電性能，也拓展了燃料電池的應用領域，大至應用於太空梭、潛艇、發電廠；小至行動電話、筆記型電腦，都有燃料電池發展的空間，尤其是以燃料電池為動力的車子，更是各大汽車製造商所致力研發的未來綠色主流交通工具。

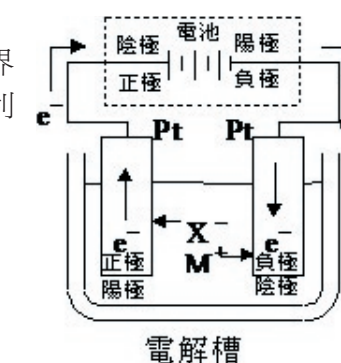
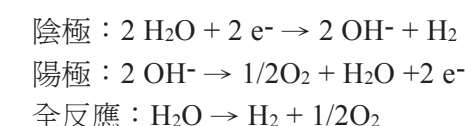
鹼性燃料電池(AFC)，一般被運用於人工衛星上，在1960年代曾經被NASA用於雙子星-太陽神(Gemini-Apollo)太空計畫，除供應電力外尚提供飲用水給太空人。操作時所需溫度並不高，轉換效率好，可使用之觸媒種類多價格又便宜，例如銀、鎳等。

B 作品製作要點說明

一、製作原理

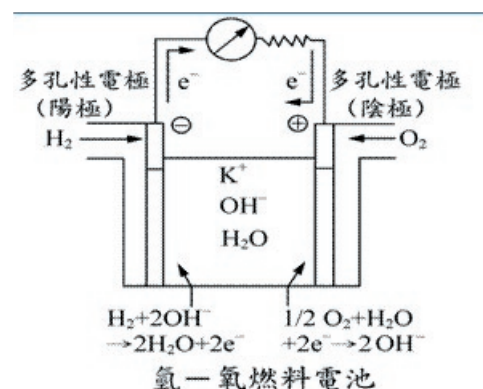
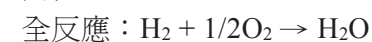
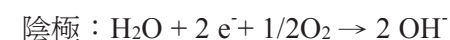
(一) 電解水：

對於不能自然發生的反應($\Delta E_0 < 0$)，需由外界供給電能，迫使其發生反應，此過程稱為電解。利用氫氧化鈉為電解質的電解水的反應方程式如下：



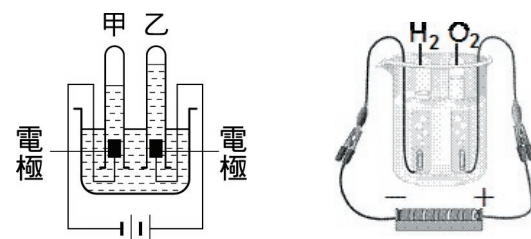
(二) 氫氧燃料電池：

其運作原理如圖所示：氧氣在陰極與水結合形成氫氧基離子，氫氧基離子游向陽極與氫離子結合形成水，所釋出的電子形成電流。鹼性燃料電池的反應方程式如下：



一般我們在做電解水的實驗，其實驗器材及裝置雖然很簡單，但使用時不甚方便與安全，因為一般的電解裝置在進行實驗時會有以下三個缺點（如圖所示）：

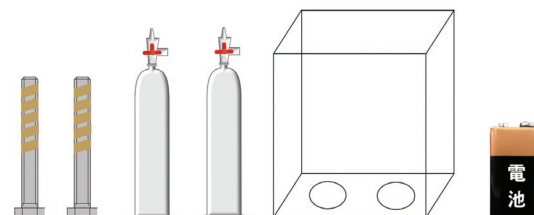
1. 因收集氫氣及氧氣須用排水集氣法，兩支試管中之水不易裝滿，導致電解產生之氫和氧之純度不足，也不易得到2：1的體積比。
2. 兩支電極不易放入試管中，或電線不易由氫氧化鈉溶液中與電極相接。
3. 為將試管放入燒杯中及把注射針放入試管中，手皆需接觸氫氧化鈉溶液。



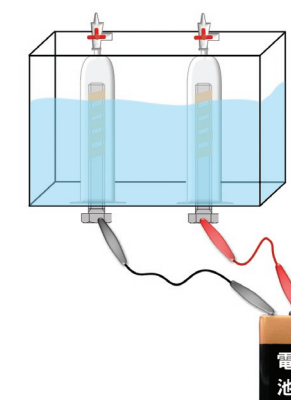
為了解決上述的缺點，將水的電解裝置加以改良，且水的電解反應與氫氧燃料電池反應互為正逆反應，既然如此我們將電極更改為可催化氫氣與氧氣反應的鎳片，電解液選擇濃度較高的氫氧化鈉或氫氧化鉀溶液，這樣便可將電解出的氫氣與氧氣再透過該裝置反應放電，形成一組鹼性氫氧燃料電池。

二、製作材料：

1. 9V方型乾電池1個（或電源供應器1台、太陽能板、手搖發電機）。
2. 電池帽扣及導線（附鱷魚夾）2組。
3. 透明塑膠盒（牙線盒或棉花棒盒或餅乾盒……大小約5×8×10 cm）。
4. 注射針2~5支（接上三通管）。
5. 壓克力板（5×8 cm，厚3 mm）1片。
6. 不鏽鋼長螺絲(5 cm) 2~4支。
7. 鎳片2~4支。

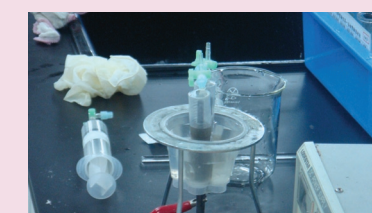
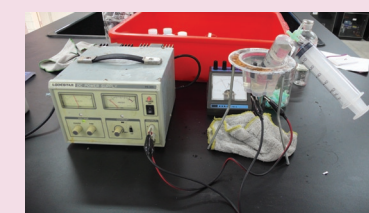


組裝示意圖：

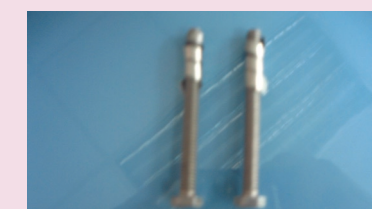
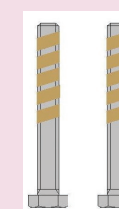


C 作品製作流程圖示

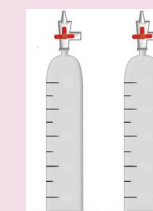
1. 我們原先使用布丁盒作為盛裝電解質的溶液，並用鐵架支撐，再從經驗中逐步改良。



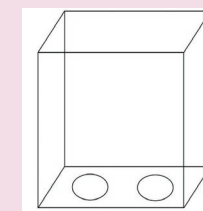
2. 利用不鏽鋼釘作為，固定鎳片電極與導電導體之用。



3. 以兩支12 mL的注射針筒來收集氫氣及氧氣。上端接以三通管，可用另一支注射針筒抽取溶液，避免手接觸到氫氧化鈉。



4. 用鑽孔器在塑膠盒或壓克力盒下方鑽兩個孔，旋入兩支不鏽鋼釘，並纏上鎳片。



| | | |
|--|---|---|
| 5.注射針筒下方用壓克力板卡住，置入塑膠盒中，底部用AB膠或熱溶膠封底，不得漏水。 |  |  |
| 6.裁合適的木板做為底板，纏繞不鏽鋼鐵絲做成彈簧底座以便與電極接觸，又能外接導線。 |  |  |
| 7.以氫氧化鈉溶液做電解液進行水的電解。用注射針筒來收集氫氣及氧氣。 |  |  |
| 8.將電解出的氫氣與氧氣再透過該裝置反應放電，形成一組鹼性氫氧燃料電池，連接鬧鐘或小風扇使其運轉。 |  |  |
| 9.可利用電腦軟體及配件將燃料電池放電的電壓電流輸出，以供各種變因的探究。 |  |  |
| 10.我們設計的裝置可放入四支注射針筒（形成兩組電解池或電池），可用以串聯或並聯。單一電池可得0.5~1.4 V的開路電壓。 |  |  |

D 實作作品心得

有幸參加高瞻計畫，多方習得替代能源的相關知識，其中我們認為氫能是最具發展潛力的，符合綠色環保而深具永續發展的特質。所以在高瞻計畫的探究課程中，我們選擇了製作燃料電池，因為燃料電池是目前氫能利用最有效率的技術。然而在我們研讀、查詢、搜尋並嘗試製作燃料電池的過程中，不斷的遭遇問題與挫折，好不容易製得的燃料電池卻有以下問題：

1. 第一類：鹼性氫氧燃料電池：

電壓可達1.10 V，但只放電時間只有數秒鐘。

2. 第二類：質子交換膜燃料電池：

我們裁切壓克力組裝並使用購自亞太燃料電池公司的膜電極組(MEA)，電壓可保持在0.7~0.8 V，可使小馬達運轉（連接小風扇），但無法使需更大電壓的鬧鐘、蜂鳴器或LED燈工作。更重要的是一片膜電極組(MEA)2.5 cm x 2.5 cm便需上千元，我們也不可能在實驗室中自行製作MEA。

3. 第三類：直接甲醇燃料電池：

我們也參考了高瞻平台製作直接甲醇燃料電池的實驗。但可能是不夠熟悉電鍍的技術，或是沒能掌握好電鍍的條件，導致未能鍍上催化反應的白金觸媒，不僅實驗失敗，昂貴的藥品(K_2PtCl_6)也被我們用完了。

終於，皇天不負苦心人，在我們製作燃料電池的過程中，因需要測試電池，必須製備並注入氫氣，我們也必須利用電解水來得到氫，所以我們也一直在設計及改良電解水的裝置。既然水的電解反應與氫氧燃料電池反應互為正逆反應，那我們何不將電解出的氫氣與氧氣再透過該裝置反應放電，形成一組鹼性氫氧燃料電池呢？這時，神奇的事發生了，原來只是為了防鏽與防電解發生氧化所採用的不鏽鋼螺絲，居然也能在氫氧化鈉溶液中催化氫氣與氧氣反應而放電；而且5 ml氫氣便能讓電池放電的開路電壓值從起始的1.456 V，至30分鐘後仍能保持在0.861 V，或可使小鬧鐘走或鬧鈴響10分鐘以上。

這雖不是一個高科技的實作作品，但著實是一個實際可使用且製作容易的實驗裝置或教具，只須利用生活周邊的材料發揮創意學以致用，便可得到一定可行的燃料電池裝置。本作品與其他的市售燃料電池教具模組（至少數千元）相較，成本又低（100元有找）、效果又好。如果有心推廣燃料電池，這何嘗不是一個好的選擇。



後記

鬼打牆之電： 可逆式電解水及鹼性氫氧燃料電池

改進了國中電解水實驗，操作的雙手再不必碰到氫氧化鈉，同樣的裝置也是目前火紅的燃料電池，簡單的氫氧結合釋出乾淨又便宜的電力。「蠻簡單的電池但效果好。」同學自己對這電池的評論。高雄女中學生沈君宜、周炯彤、周昱瑄、林軒?、胡祖瑄、高嘉偵6人小組從探究課程開始研究綠色能源，學校雖能提供昂貴材料，如質子交換膜、電極吸附效果好的白金，但劉靄雯老師考慮日後的實驗推廣，希望從便宜原料著手，因此研究小組運用簡易電解水裝置先蒐集氫氣，一連串文獻搜尋和試驗後，發現同一裝置，也會發生氫氧結合反應，立地成為燃料電池。

保護雙手有巧思 電池原理鬼打牆

為了不讓手碰到氫氧化鈉，她們事先安裝兩極金屬進入有三接頭的管子裡，之後再把2管三接頭管放入充滿氫氧化鈉溶液的布丁盒中，當蒐集氫和氧的試管，2極連上電後開始電解集氣，當2管氣體蒐集好後移開電池，裝置即開始放電，放電完後，沒用完的氣從管子抽出，氫氧化鈉溶液自動上升，又可重複做一次電解，相當聰明地解決了國中生手不小心爛掉的風險，而且氫氧結合的放電效率高，電解5 ml氫氣可得1.5 V開路電壓，並讓小鬧鐘走上10分鐘。

電解產氫、放電，再電解再放電，都在同一個裝置上，如鬼打牆般反覆地展演了燃料電池的基本原理。研究電池放電過程中，原本希望比較不同溫度、電解液對電池的影響，但實驗與假設一直無法相應證，不過倒是得出溫度、氫氧化鈉溶液濃度對輸出電壓和放電效率的影響；溫度5℃時輸出電壓最強，濃度2.5 M時所需電解時間最短、開路電壓最高；原本認為生成於兩試管氣體都能起化學反應，後來發現只有吸附在兩極金屬上的氣體才能充分反應，影響電壓高低的不是電解能產生多少氣體，而是螺絲釘可吸附多少氣體，讓實驗小組對氫氧電池的瞭解邁進一大步。

電流鬼魅難捉摸 劉老師情意相挺

一台名為Powerlink的設備榮登關鍵設備，它能把電池電流反應接上電腦、在電腦上觀察連續電壓電流反應，為三用電表升級版。感謝這設備不是沒原因，實驗早期，有次放學後全組留校實驗，那時只有三用電表可用，其中林軒仔同學疑似出現發功的現象，不小心輕碰了正在放電的布丁盒氫氧裝置，三用電表居然瞬間全部歸零，只好重做，不巧，林同學又碰了一下，三用電表再度歸零，林同學愧疚得不好意思回家，自己留校再做，並撻下了一句「我跟布丁盒不合」的狠話，或許也埋下了換牙籤盒做實驗的遠因。那時還不知道，能與兩極做反應的只有螺絲釘上的氣體，一碰那些氣體就溢散到水中和管頂，造成無法放電的情形，日後有了關鍵設備，才能仔細比對出此一電池的特性。

高瞻實驗結束後，研究小組還繼續改良，牙籤盒又換回了布丁盒。胡同學表示，實驗時曾風風雨雨，經過很多挫折，但一路走來，很高興跟大家一起作實驗，友誼也更加堅固。研究小組特別感謝劉靄雯老師，每當實驗遇瓶頸，老師知道需加強某部分本質學識，遂晚上額外加課，幫研究小組打通知識的任督二脈；並分享生活的智慧和經驗，讓她們受用無窮。老師常常鼓勵她們：「名次不重要，重要是投入的心力和過程，有努力做到這樣就很棒了。」

6-1

環境

科學小論文



再生綠建材 以石材廢泥燒製輕質粒料

國立花蓮高級工業職業學校
呂婉榛、宋雅雯