

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第三名

080208

Hold 住—解析石墨型燃料電池

學校名稱：臺南市關廟區五甲國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳嫚姿	謝文山
小六 李盱芝	周奕良
小六 楊璉昕	
小五 陳欣佑	
小六 何婕妤	
小五 姚宏璋	

關鍵詞：電解食鹽水、吸水高分子、燃料電池

摘要

燃料電池擁有環保、省電、節能減碳、乾淨能源的特性。

我們使用碳棒(鉛筆筆芯、石墨棒)進行研究。實驗的變因有不同水溶液、電極棒間的距離、不同的電解電壓、電解質濃度變化、筆芯成份、並聯石墨棒、粗細不同碳棒進行觀察。

討論電解食鹽水時，+、-極各成酸與鹼的變化，其中以紫色高麗菜汁的顯色效果最好。

電解水(食鹽、氫氧化鈉)的過程就是對燃料電池充電。實際的環保過程是可以用太陽能板來進行充電。充電完自然可以將電力拿出來應用。加入吸水高分子來延長燃料電池的電力。

過程中我們也製作多種的實驗器具，方便我們進行研究。最後有兩款教具費用低廉，特別是水族水管連接的電解水裝置，最容易操作使用！

壹、研究動機

在康軒六上自然課本的「水溶液」單元，提到以簡單電路來測試不同溶液中 LED 的發光情形，來了解溶液的導電性(右圖)[1]。課本提到對於「非電解質」的酒精、糖等水溶液不能導電，通電後也不會產生任何化學變化。



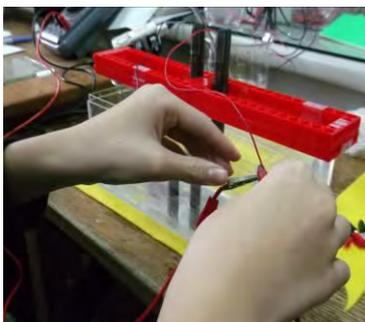
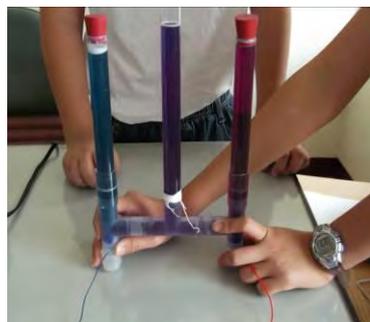
導電性實驗[1]

換句話說，是「電解質」就有化學變化嗎？那是不是可以請自然老師表演一下呢！

「沒問題」！老師拿兩根筆芯接上電池，放進鹽水中馬上就有氣泡在筆芯發生！

有趣的是，這有產生氣泡的筆芯接上 LED，LED 竟然會發光！老師說這就是「燃料電池」。

這有意思！我們想試試！那我們的科展題目就來研究『燃料電池』吧！



部分實驗照片集錦

貳、研究目的

- 一、研討電池、電解的基本知識原理、觀念與三用電表的使用。
- 二、研究不同水溶液、電極棒間的距離改變對電壓的影響。
- 三、研究不同的電解電壓、電解質濃度變化對電壓的影響。
- 四、研究筆芯成份、並聯石墨棒、粗細不同碳棒對電壓的影響。
- 五、研究電解食鹽水時+-極所產生的酸鹼變化與觀察。
- 六、探討不同的鹽水濃度對吸水高分子吸水效果的影響。
- 七、討論吸水高分子在燃料電池的應用。

參、研究設備及器材



筆芯



酸鹼試紙



電源供應器



吸水高分子



食鹽、氫氧化鈉



三用電表



電熱板與紫色高麗菜



電子秤



水族水管

LED、保麗龍膠、鱷魚夾、壓克力槽、洋菜粉、手搖式發電機、太陽能板、數位相機、攝影機、相關軟體、燒杯、矽利康膠等

肆、研究過程與方法

研究一、名詞介紹與準備工作

研究 1-1：實驗名詞介紹

以 LED、三用電表判斷電池的+-極

假如我們無法看出電池的+-極，那要怎麼判斷呢？不難，以 LED 為例它長腳為+、短腳為-，要發光一定要和電池+接+、-接-LED(圖 1.1a)！

三用電表可用來判斷電池的+-極。當電壓值為+時，三用電表的紅線所接電池的那一極必然是+極(圖 1.1b)；當反過來接時，電壓為-時，電表紅線所接電池的那一極一定是一極(圖 1.1c)。

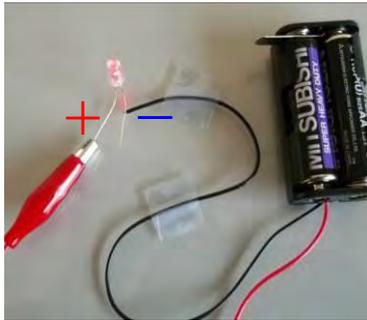


圖 1.1a LED 發光



圖 1.1b 讀值為+

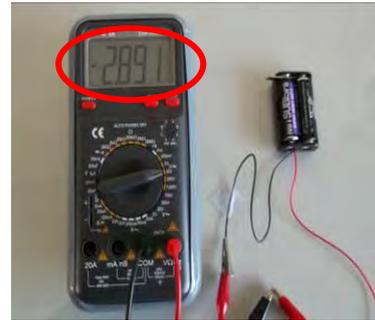


圖 1.1c 讀值為-

電解和放電

這實驗簡單，拿兩根筆芯接上電池，放進鹽水中馬上就有氣泡在筆芯發生(前段)；一段時間後關掉電源，三用電表會量到產生的電壓或使 LED 發光(後段)(圖 1.1d~f)注意：這兩根筆芯在水裡必須分開不可以接觸。

我們把前段過程(由電池供電產生氣泡)稱為電解或是充電。

而後段過程會產生電壓讓 LED 亮起，我們稱為放電。

我們發現：1.電解時+-極產生氣泡的速度不同，以-極速度快、+極慢。
2.前段[電解]接電池的+、-極的筆芯，恰好是後段[放電時]讓 LED 亮起的+、-極。

接上電池(直流電)鹽水會有化學變化，這變化讓 LED 發光，同時有氫氣的產生，這是一種燃料。我們稱前段的電解反應是充電，因為它讓 LED 發光。

後段過程可讓 LED 發光，具有電力，這就是電池，我們把這類具有燃料的電池稱為『燃料電池』。



圖 1.1d 電解實驗



圖 1.1e 電極上有氣泡產生

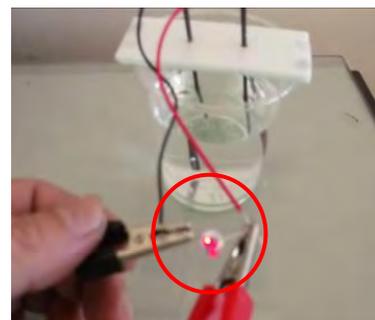


圖 1.1f 讓 LED 發光

研究 1-2：實驗器材製作

碳(石墨)棒、筆芯加工

實驗用的細筆芯來自我們勤奮的削鉛筆，而粗的石墨棒是買來的，這些都要在加上電線和熱縮管才會方便後續實驗的接線(圖 1.2a~c)。



圖 1.2a 從鉛筆到碳電極



圖 1.2b 小心削鉛筆



圖 1.2c 使用熱風槍

支撐架製作

為了不讓電極棒(筆芯、碳棒或石墨棒)在水槽中東倒西歪影響實驗結果(圖 1.2d)，我們絞盡腦汁了設計適當的支撐架，而這裡使用的材料都是由自然教具加工完成(圖 1.2e~l)。

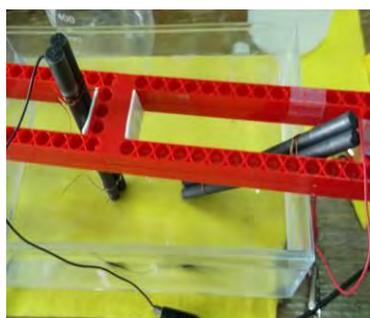


圖 1.2d 石墨棒易傾斜



圖 1.2e 挖洞認真



圖 1.2f 支撐架製作



圖 1.2g 支撐架製作



圖 1.2h 支撐架製作



圖 1.2i 支撐架



圖 1.2j 支撐架



圖 1.2k 支撐架

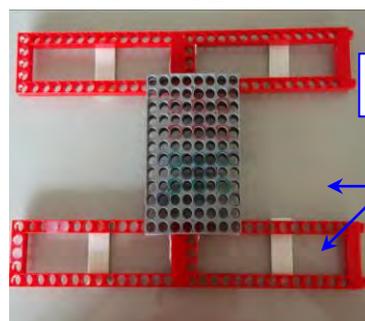


圖 1.2l 石墨群支撐架

第一代

第二代

研究二、燃料電池變因探討

研究 2-1：不同溶液對電壓的影響

自然教具提供 7 種不同的水溶液來進行導電性實驗，正好我們直接拿它們來進行研究。

[實驗步驟]

1.有 7 種物質礦泉水、糖、小蘇打粉、醋、檸檬汁、汽水和石灰粉，其中糖、小蘇打和石灰粉都配成 2.5%的水溶液。

2.以電源供應器進行 6V 電解 1 分鐘。[其中兩筆芯電極相距 3cm，筆芯粗 2.09mm]

3.立刻以三用電表測量產生的(放電)電壓，並攝影 30 秒。

4.以 QuickTimePlayer 播放影片讀出電壓數據，以 Excel 作圖。因為電壓數據龐大，我們直接呈現圖形，數據須參考實驗紀錄。



圖 2.1a 各式溶液



圖 2.1b 實驗照片



圖 2.1c 三用電表讀電壓

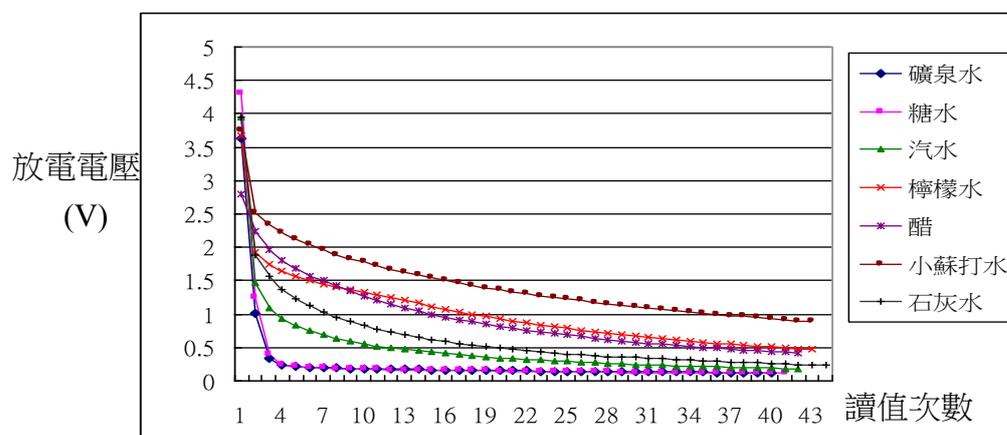


圖 2.1d 不同溶液的電壓變化

小結論：

- 1.我們看到不管哪種溶液在 30 秒內電壓都是下降的。
- 2.礦泉水、糖水在最初 5 秒內迅速下降到 0.2V，幾乎不存在電壓；在電解過程只有微量氣泡發生，說明它的確不容易導電。
- 3.其他的水溶液在電解過程+一極都有明顯的氣泡產生。
- 4.不同的溶液有著不同的電壓變化。

研究 2-2：不同的電極距離對電壓變化的影響

我們很好奇電極距離的遠近對電壓有沒有什麼影響！

[實驗步驟]

1. 準備一個壓克力水槽(21×14.5×9cm)，分別對 2.5%氫氧化鈉和鹽水溶液(水 1650ml，氫氧化鈉或食鹽 42.3g)，水深約 6.5cm，[兩電極棒\(筆芯粗 2.09mm\)](#) [距離由 1cm 變化到 17cm](#)。[氫氧化鈉是強鹼過程有沾到，必須用大量清水清洗]
2. 以電源供應器通電 6V 一分鐘。電解後關閉電源。
3. 接著測量電壓變化，以攝影機錄影約 30 秒。畫出電壓變化圖。



圖 2.2a 秤重



圖 2.2b 實驗照片



圖 2.2c 兩人一組輸入數據

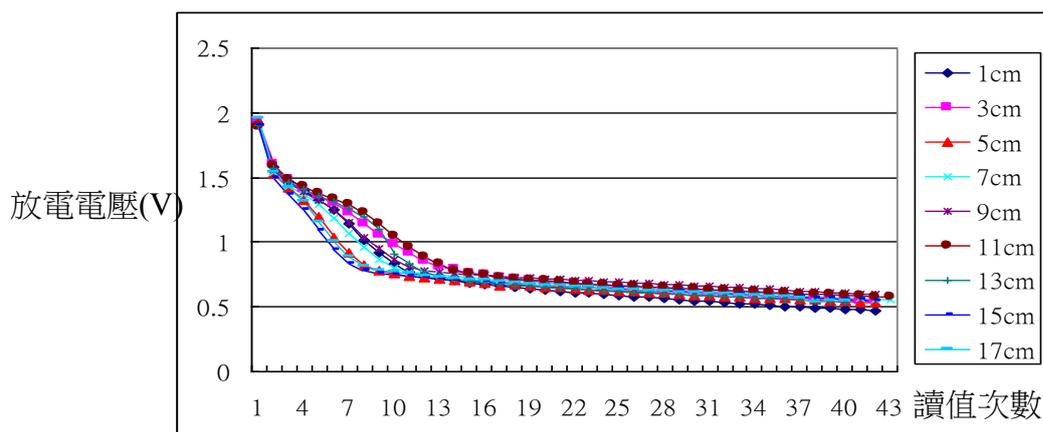


圖 2.2d 在 2.5%氫氧化鈉溶液不同電極距離對電壓變化的影響

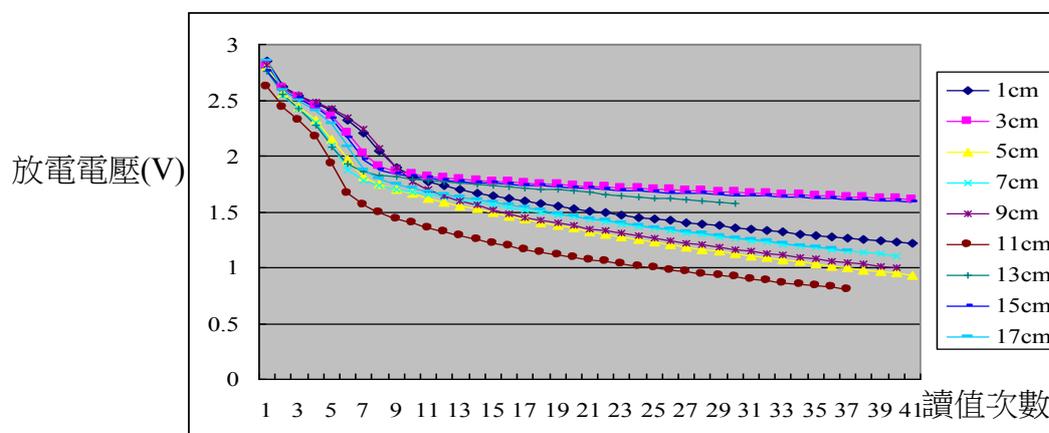


圖 2.2e 在 2.5%食鹽水溶液不同電極距離對電壓變化的影響

[小結論]

1.圖 2.2d 2.5%的氫氧化鈉在讀值 3~13 次(約 2~9 秒)下降趨勢略有不同,但其他部分的情形是相似一致,這說明兩電極間的距離不影響電壓的變化。

2.圖 2.2e 中 2.5%鹽水溶液對距離的改變有比較大的差別;但圖 2.2d、e 存在一個重要的線索,鹽水溶液的電壓曲線值都比氫氧化鈉溶液大。

3.實驗結束後,在氫氧化鈉溶液底部有不溶的棉絮物體產生,清理時會聞到壓克力味,壓克力水槽會有部分模糊,因此認為氫氧化鈉溶液會侵蝕壓克力。

研究 2-3: 不同的電解電壓對電壓變化的影響

實驗的變因以不同的電壓 1、1.5、2、3、4、6、8、10、12、14V 進行電解。

[實驗步驟]

1.使用大壓克力水槽(21×14.5×9cm),兩電極距離 3cm,2.5%鹽水溶液,固定水量 1650ml、水深約 6.5cm,筆芯粗 2.09mm。

2.以上述電壓分別通電 1 分鐘。電解後關閉電源,觀察 30 秒電壓變化。



圖 2.3a 數據輸入



圖 2.3b 實驗計時



圖 2.3c 秤重

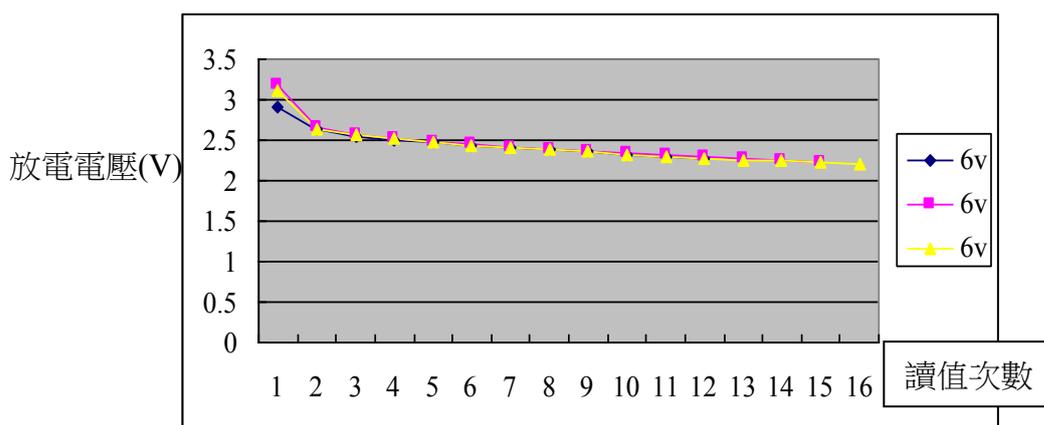


圖 2.3d 相同電壓 6V 電解隨時間變化的情形

[小結論]

1.圖 2.3d 以相同的電壓(6V)電解 2.5%鹽水溶液以後,我們可以看到在相同的條件下,這電壓下降曲線有明顯一致性、幾乎互相重疊、不會有忽高忽低的情形。

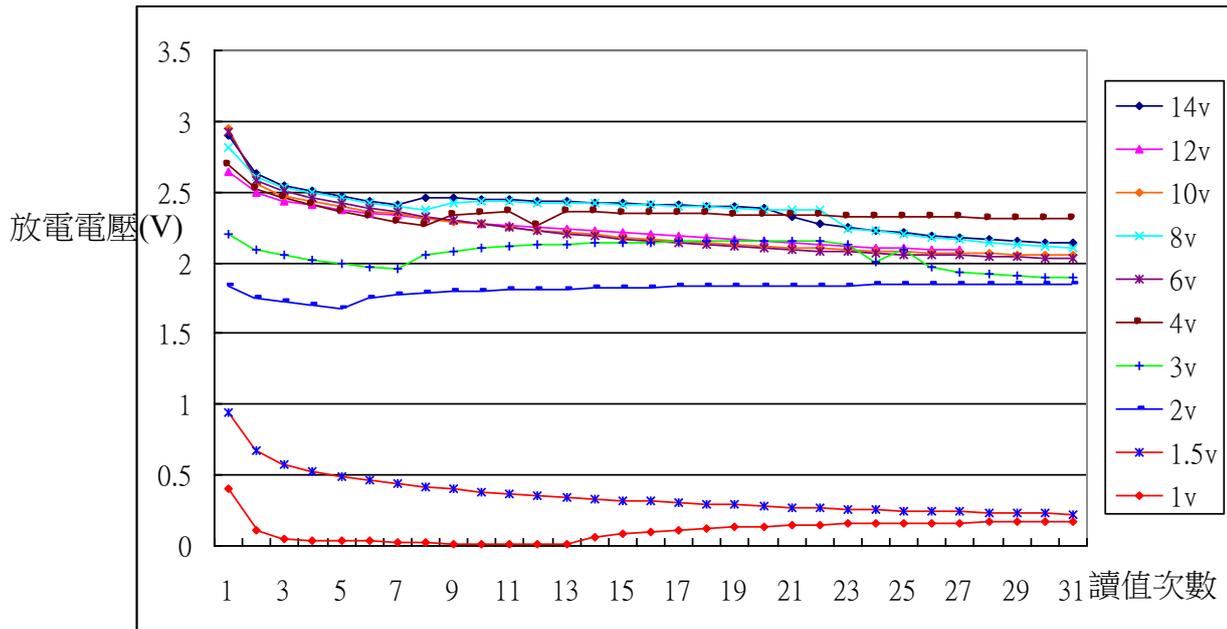


圖 2.3e 不同電壓電解後，電壓隨時間變化的情形

2.圖 2.3e 先以不同的電壓(1~14 V)電解後，觀察放電時電壓的變化。

我們看到 3V 以下得到的放電電壓效果都不好，1、1.5 V 的放電值都相當低都在 0.5 V 以下，效果差。

但它並不是會隨著電解電壓越來越大。

在 4~14 V 間可以看到曲線的接近。看起來是有一個上限。這告訴我們用越大的電壓去電解，會浪費很多電但得到的效果跟用 4 或 5V 電解的情形一樣。

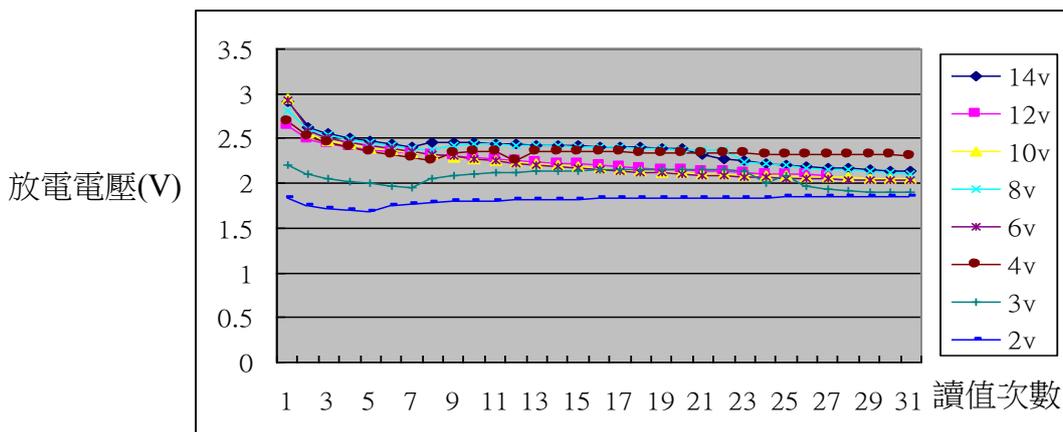


圖 2.3f 只看 2v~14v 電壓電解的情形(取自圖 2.3e)

研究 2-4：不同濃度對電壓變化的影響

[實驗步驟]

1. 配製濃度不同的鹽水溶液 0、0.5、1、1.5、2、2.5、5、7.5、10%，氫氧化鈉水溶液 0、0.5、1、1.5、2、2.5% (固定水量 1650ml，溶質量如下表)。

濃度(%)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	5.0	7.5	10.0
溶質重(g)	0	8.3	16.7	25.1	33.7	42.3	86.8	133.8	183.3

2. 使用大壓克力水槽(21×14.5×9cm)，兩電極(筆芯粗 2.09mm)距離 3cm，分別對氫氧化鈉和食鹽水溶液電解，水深約 6.5cm，以 6V 通電 1 分鐘。

3. 電解後關閉電源，測量電壓變化，攝影 30 秒。

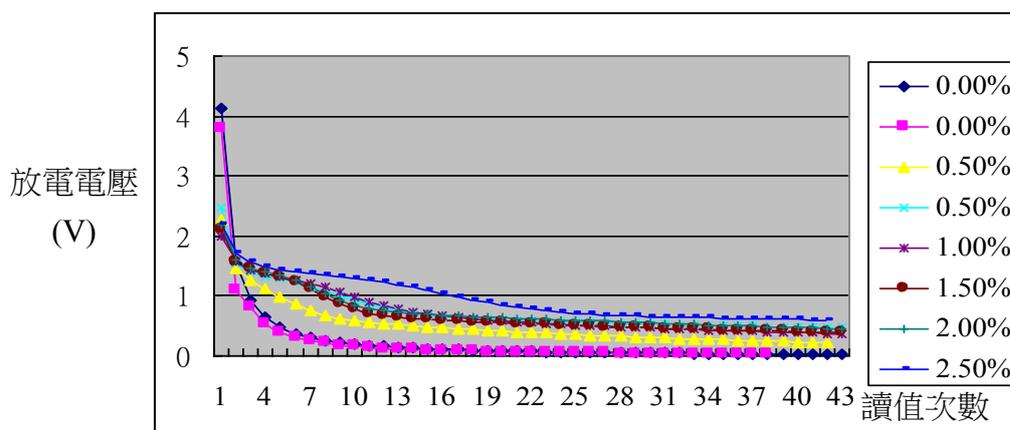


圖 2.4a 不同氫氧化鈉濃度對電壓變化的影響

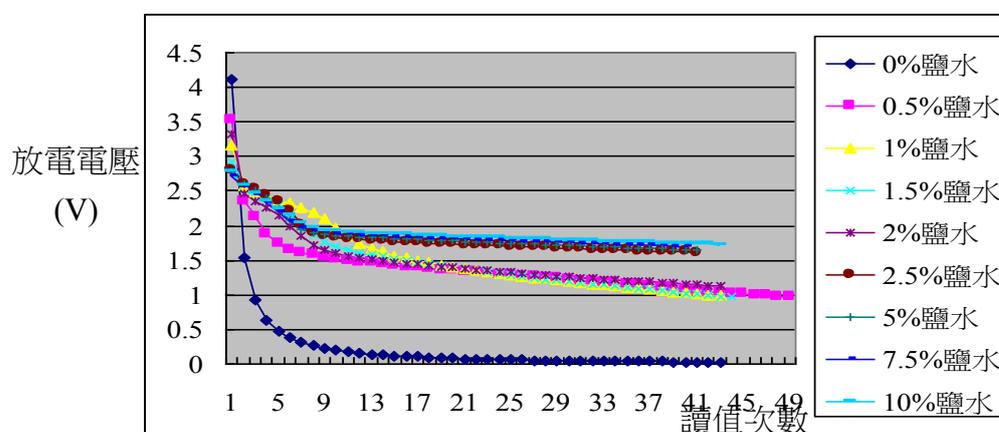


圖 2.4b 不同鹽水濃度對電壓變化的影響

[小結論]

1. 圖 2.4a、b 中，0%濃度的水直接電解後，電壓直接掉到 0.5V 以下，再度說明不含電解質的水幾乎不導電。

2. 氫氧化鈉的電壓曲線有幾乎一致的變化，但下降後的電壓值都在 1V 以下都比鹽水的電壓小。

3. 鹽水濃度太低(約 0.5~2%)衰減的電壓值都偏低；濃度高的(2.5~10%)電壓曲線趨勢相當，既然濃度在 2.5~10%的數據差不多，避免食鹽浪費，往後我們都以 2.5%鹽水濃度為研究基礎。

研究 2-5：電極棒種類(成分)對電壓變化的影響

在圖 2.5a、b 中的素描鉛筆有 8B、7B、6B、5B、4B、3B、2B、B、HB、F、H、2H 等 12 種當做實驗的變因。都削去木頭，取得筆芯當電極。我們發現這些筆芯其實粗細不同(如下表)，B 越大有越粗的情形。

種類	8B	7B	6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	F	H	2H
直徑(mm)	3.27	3.30	3.23	3.01	2.42	2.39	2.36	2.39	2.08	1.96	2.00	2.00

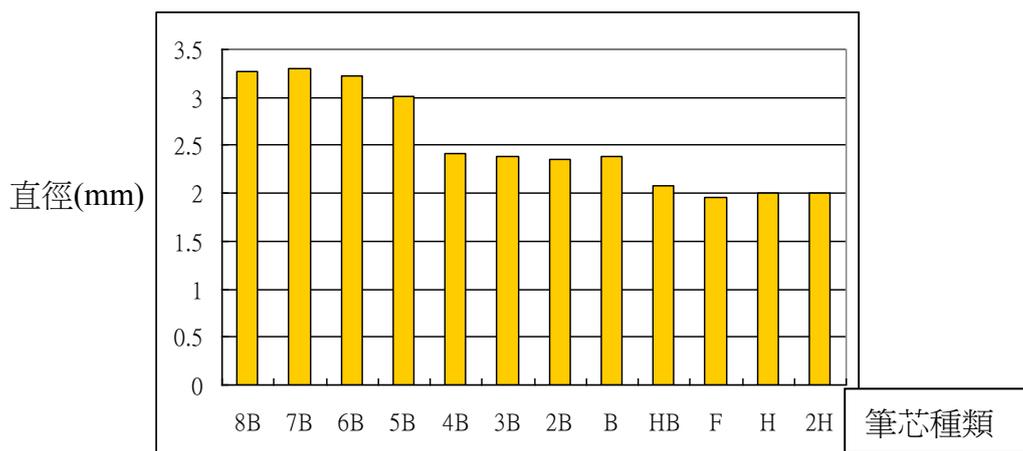


圖 2.5a 種類不同的筆芯會有不同的直徑



圖 2.5b 將同品牌的筆細心地削去木質取得筆芯



圖 2.5c 切成適當長度



圖 2.5d 測量筆芯的直徑



圖 2.5e 筆芯發光

[實驗步驟]

1. 使用大壓克力水槽(21×14.5×9cm)，兩電極距離 3cm，2.5%鹽水溶液，固

定水量 1650ml、水深約 6.5cm，實驗時只改變電極種類。

2.通 6V 的電 1 分鐘。電解後關閉電源，觀察 30 秒電壓變化。

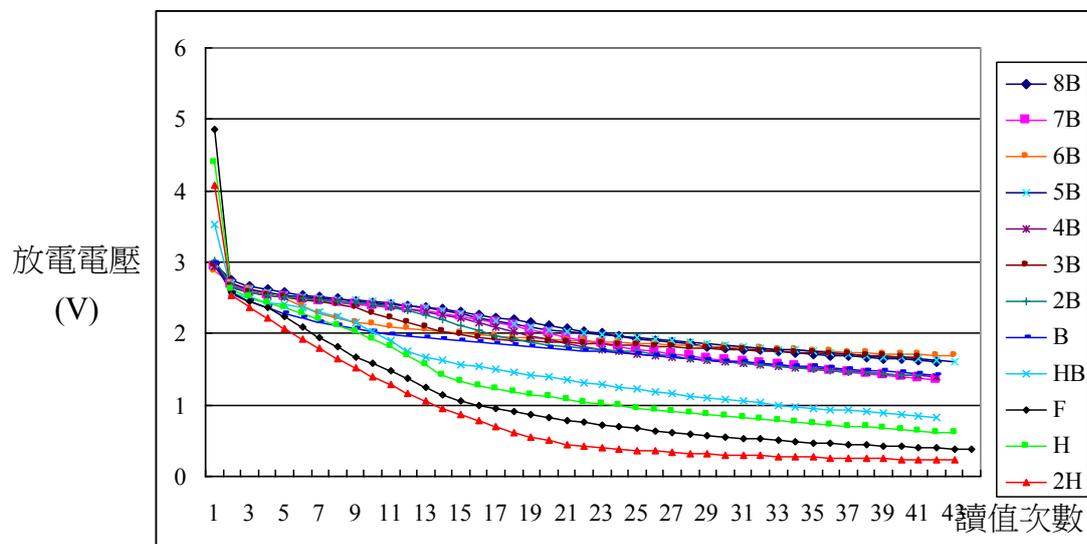


圖 2.5f 不同種類筆芯電極對電壓變化的影響

[小結論]：

1.圖 2.5f 中除了 HB 外，B 群的筆芯電壓下降趨勢相似，而這些電壓值都比 2H、H、HB、F 來的高些。

所謂 H 成分愈高表示所含的黏土成分愈高；而 B 成分愈高表示所含的石墨成分愈高，但也越軟易斷，所以製造的時候會讓筆芯粗一點。

我們推測當含石墨(碳量)量太少時(如 H、2H、F)，導電效果會變差或者是在電解時不太容易吸附產生的氣體，能儲存的氣體太少，導致在放電時測到的電壓太低。這情形類似礦泉水和純水的電壓下降趨勢，這起因都是導電性太差(見研究 2-1)。

2.以手持數位顯微鏡觀察筆芯上孔洞的粗細，是否影響實驗變因？很可惜的是放大倍數僅 150 倍無法良好的估算孔洞的粗細。

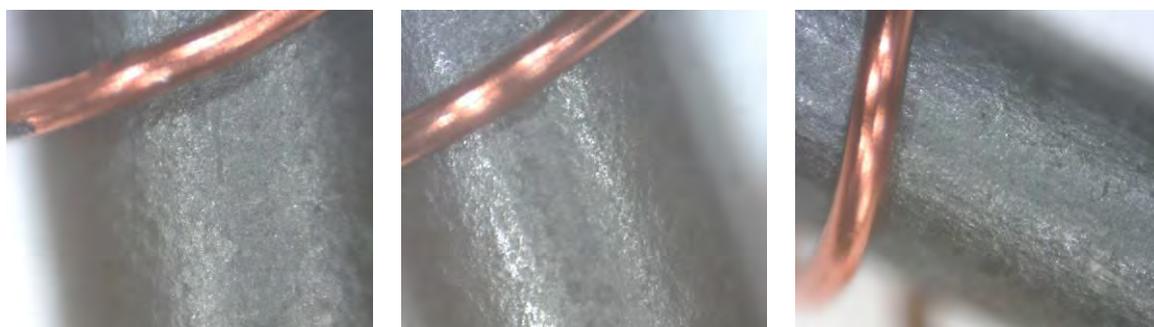


圖 2.5g 數位顯微鏡下的筆芯(左至右依序:8B、5B、HB)。

圖中紅線為銅線粗 0.32mm 當標準長。

研究 2-6：石墨堆對電壓變化的影響

接下來探討碳棒粗細的影響？但是考慮到不同粗細的碳棒中它的組成成分可能會有不同(如研究 2-5)，我們只好想想其他的方法。

我們將兩隻石墨棒纏在一起，來增加體積(或表面積)，但石墨棒非常容易歪歪斜斜不容易固定在水槽上實驗(圖 2.6a)。

後來再改進將教具板上的洞挖大一點，就能讓石墨棒(粗 8.23mm)固定住(圖 2.6b)。那要如何實現增加體積(或表面積)呢？我們的想法是讓+-極兩邊有相同數量的石墨棒，同時電解這些石墨棒，也就是將石墨棒並聯處理。

第一種電解：並聯的石墨棒

[實驗步驟]

- 1.使用大壓克力水槽(21×14.5×9cm)，兩兩鄰近的電極距離 2cm(圖 2.6b)，以 2.5%鹽水溶液，固定水量 1650ml、水深約 6.5cm。
- 2.實驗時+-極同時接等量的石墨棒電解，數量從 1、2 增加到 6 根。
- 3.通 6V 的電 1 分鐘。電解後關閉電源，觀察 30 秒電壓變化。

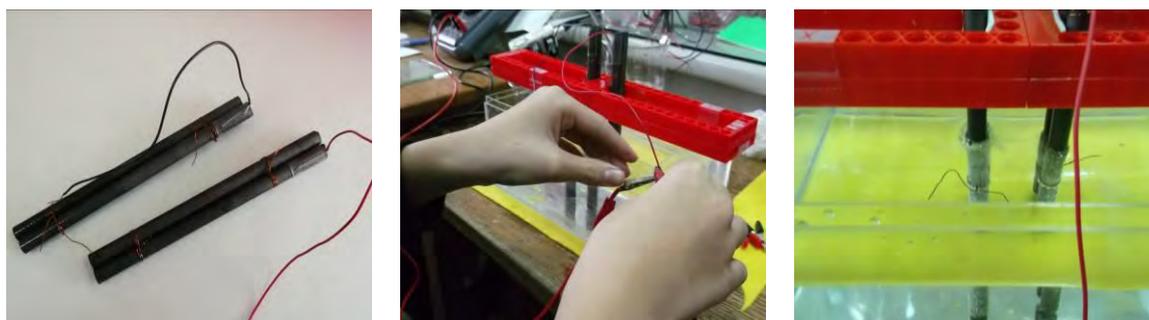


圖 2.6a 每支電極為雙石墨棒實驗圖，缺點碳棒容易東倒西歪

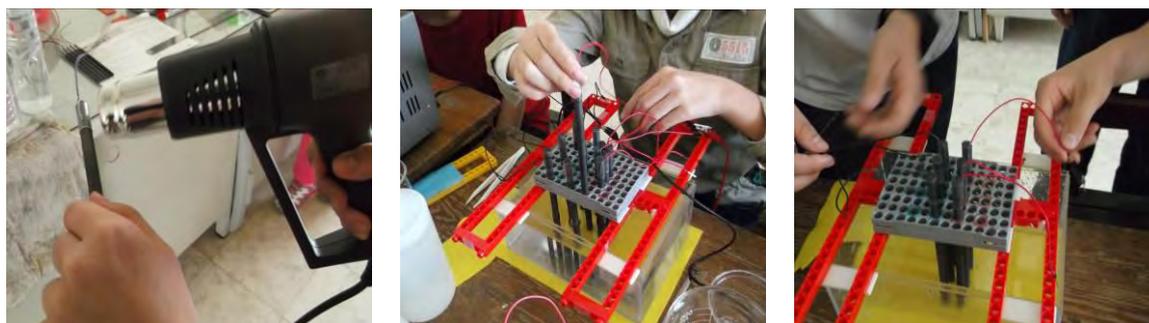


圖 2.6b 改良教具成可以插入石墨棒的好方法

[小結論]

1.圖 2.6c 中，我們很訝異的發現這實驗不管放+-極放了幾根石墨棒，所有的曲線幾乎完全一致、重疊，並不受影響。

實驗上有一個發現，石墨棒越粗電解時產生的氣泡越多越旺盛。我們就此推論是不是氣泡多，放電電壓就會高些，但並沒有觀察到這件事。

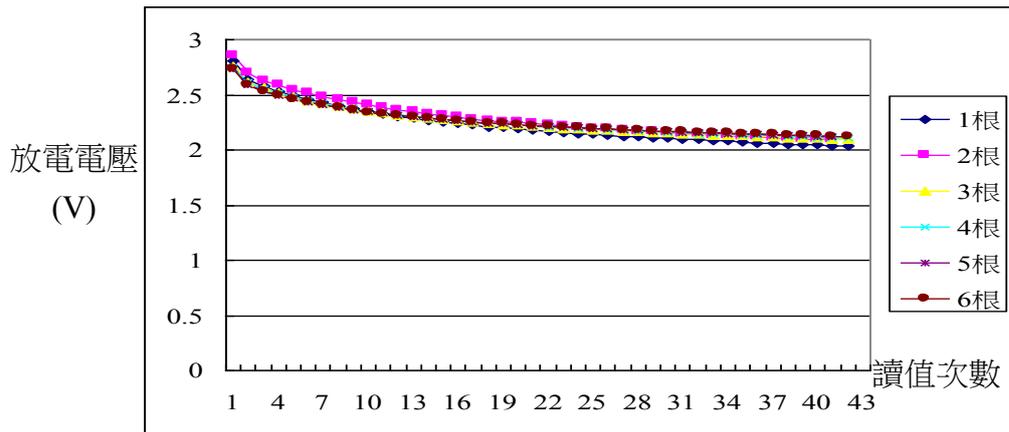


圖 2.6c 石墨堆對電壓變化的影響

第二種電解並聯的石墨棒

實驗步驟同前，但在這裡是以+、-極都是6根石墨棒一起電解。所改變的是6根石墨棒彼此距離遠近的變化，分別相距1、2和3cm(上下圖代表同一種，圖 2.6d~g)。

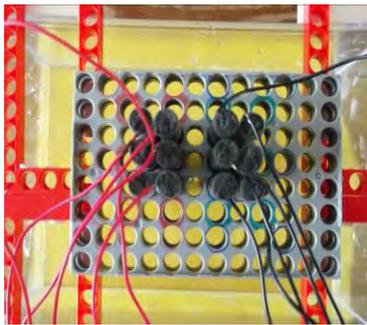


圖 2.6d 距離縮小沒空格
兩石墨棒中心相距 1cm

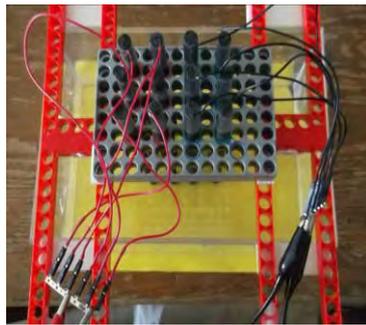


圖 2.6e 距離空 1 格
兩石墨棒中心相距 2cm

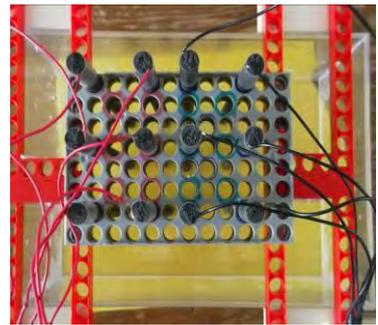


圖 2.6f 距離空 2 格
兩石墨棒中心相距 3cm

[小結論]

2.在圖 2.6g 中，這實驗所有的曲線幾乎完全一致、重疊，完全不受電極遠近的影響。

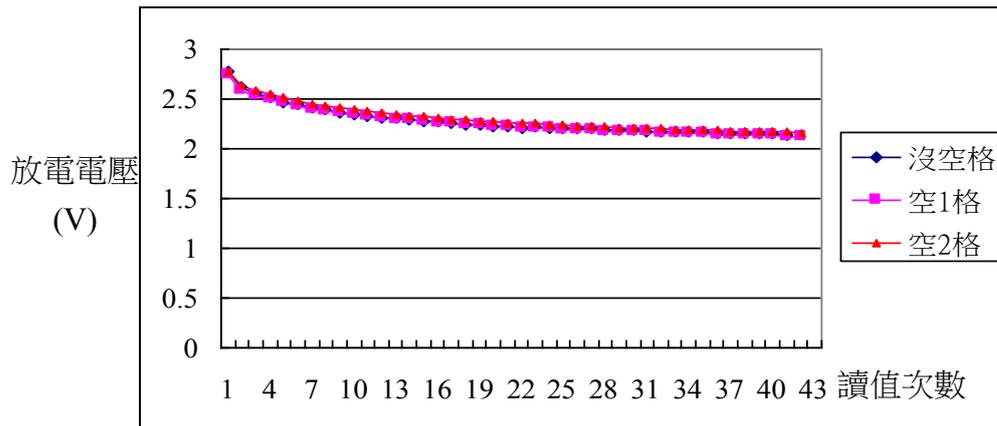


圖 2.6g 石墨棒遠近距離對電壓變化的影響

粗細不同的碳棒比較

我們以兩種粗細不同的碳棒(筆芯)進行以下實驗。

[實驗步驟]幾乎同前只將水槽改成小的(6x6x11cm)，兩電極中心距離仍是 3cm，碳棒入水深相同，2.5%鹽水溶液(水量為 241.8 克)，6V 電解 1 分鐘。

只有改變石墨棒(8.23mm)、細筆芯(2.09mm)進行實驗比較 (圖 2.6h~k)。



圖 2.6h 碳棒比較

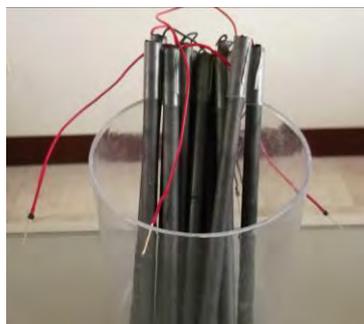


圖 2.6i 粗石墨棒



圖 2.6j 實驗中

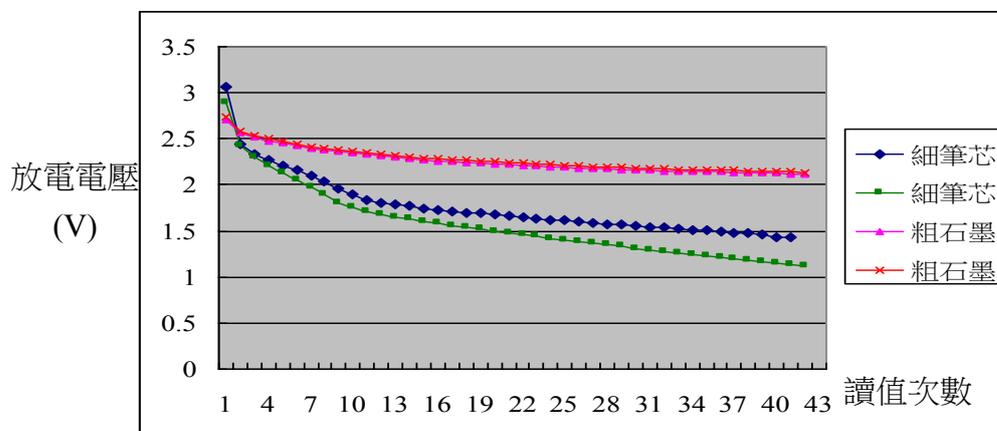


圖 2.6k 石墨堆彼此距離對電壓變化的影響

[小結論]

3.圖 2.6k 清楚的看到粗石墨棒放電的電壓都高於細筆芯，而且數據、曲線都相當得一致。

碳棒就是活性碳，流感期間大家都會帶口罩來過濾空氣防止病毒，為什麼能過濾空氣？這是口罩裡面的活性碳到處都是細小的孔隙空洞，可以吸附空氣中的雜質、細菌與幫忙除臭。

我們認為這種特性不但有助於吸附電解時生成的氣體[6]，而石墨棒體積加粗增加了導電性。筆芯太細無法有效吸附產生的氣體，而粗石墨棒本身夠粗可以穩定電壓，使得電壓曲線幾乎一致。

研究三、解讀燃料電池

研究 3-1：電解食鹽水時的化學變化

在石墨棒電解時，碳棒上有氣體產生，以廣用試紙測試+一極附近的酸鹼性變化。我們發現原本中性的食鹽水在電解時，+極水溶液 pH=4 成酸性、-極水溶液 pH=10 變鹼性(圖 3.1a~c)，而且有漂白水的味道產生。

這說明在通電過程中產生了化學(性質)變化。



圖 3.1a 酸鹼試紙



圖 3.1b -極變鹼 pH=10



圖 3.1c +極變酸 pH=4

設法收集這些氣體來測試，想出下面三種方法，經過改善都非常容易組裝，這裡最重要的是保持氣密—別漏氣了！

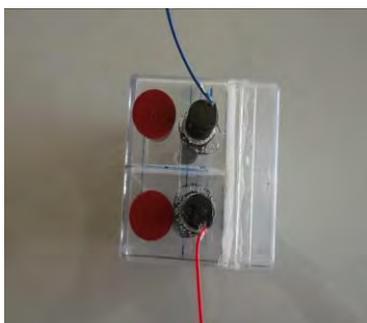
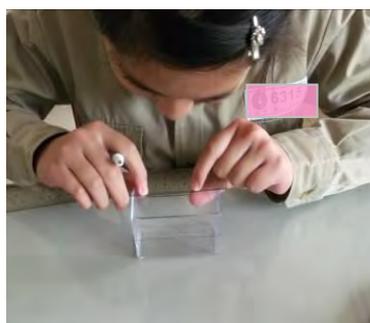


圖 3.1d 以壓克力盒創意組裝燃料電池(第一種)



圖 3.1e 以水族水管創意組裝燃料電池(第二種)

在食鹽水電解時，+極觀察到溶液是酸性的(圖 3.1c)，我們查資料得知這酸應該來自電解時所產生的氯氣，氯氣有毒，在自來水、游泳池中會添加氯氣消毒，人聞到會傷害呼吸系統。但別擔心氯氣一定會溶解在水中形成鹽酸和次氯酸(漂白水成分)，這就是+極變酸的原因。



圖 3.1f 以針筒、壓克力盒創意組裝燃料電池(第三種)



圖 3.1g 以水族水管創意組裝燃料電池

－極產生氫氣以線香測試會自燃，水溶液呈鹼性。

－極產生氣泡體積遠比＋極多，＋極幾乎不容易看到體積變化，我們猜想產生的氣體應該已經溶入到水中。

我們總結歸納：

電解食鹽水：＋極、酸性、產生漂白水味道

－極、鹼性、產生氫氣

它們的＋－極剛好就是燃料電池的＋－極【見研究 1-1】。

研究 3-2：以紫色高麗菜汁觀察電解時的酸鹼變化

自然課本提到可以用自製指示劑-紫色高麗菜汁來觀察酸鹼的變化，教具箱中也有「溴瑞香草酚藍」、「酚酞」、「甲基紅」指示劑(圖 3.2a~b)。

這讓我們躍躍欲試，可不可以拿這些指示劑直接觀察電解時的化學變化！
實驗以配成 2.5% 鹽水-紫色高麗菜汁溶液來觀察。



圖 3.2a 自製紫色高麗菜汁指示劑

[小結論]

1.我們以指示劑「溴瑞香草酚藍」、「酚酞」、「甲基紅」進行電解時，所造成的顏色馬上、很快就被破壞變成無色、淺色，無法恢復、觀察。

這讓我們了解到通電電解的過程是會使物質的成份遭到破壞。

2.天然的紫色高麗菜汁能在電解時顯示出顏色，直接由顏色的變化看到酸鹼變化，+極呈紅色(酸性)、-極呈藍綠色(鹼性)；紫色高麗菜汁中性是紫色，在煮過的自來水中會呈現弱鹼性的藍色(圖 3.2c~g)。

3.天然的高麗菜汁容易變質有異味。須要冷藏不容易保存長久。



圖 3.2b 指示劑

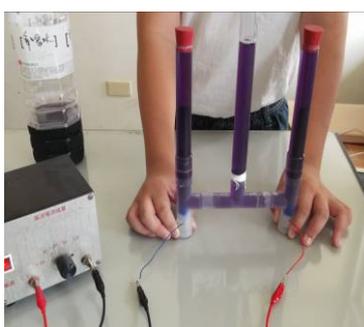


圖 3.2c 不加鹽巴不易電解

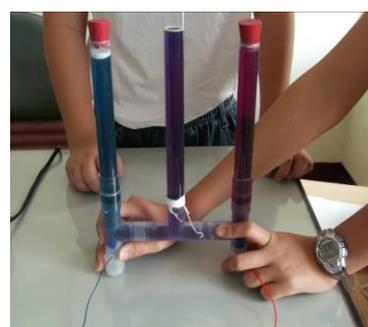


圖 3.2d 電解時的化學變化



圖 3.2e 電解時的顏色變化



圖 3.2f +極紅色溶液



圖 3.2g -極藍綠色溶液

研究 3-3：氫氧化鈉溶液的電解

以自製燃料電池盒收集 2.5% 氫氧化鈉水溶液，在電解時所產生的氣體。

我們收集到 + 一極的氣體以線香來測試。發現 + 極在線香靠近時火光變大，判斷氣體具有助燃性應該是氧氣。

- 一極的氣體在線香靠近時有爆鳴聲應該是氫氣，它電解時冒泡的速度遠大於 + 極。

這裡 2.5% 氫氧化鈉水溶液是強鹼性，+ 一極的酸鹼性沒辦法像中性的鹽水，可以輕易的用紫色高麗菜汁看到酸鹼變化！但是令人納悶的是為什麼通電以後的顏色變成黃色？



圖 3.3b 在酚酞中的顏色
電解後顏色變淡



圖 3.3c 在紫色高麗菜汁中的顏色 [pH=13 呈黃色]

原來紫色高麗菜汁在 pH=11~13 是呈現黃色！

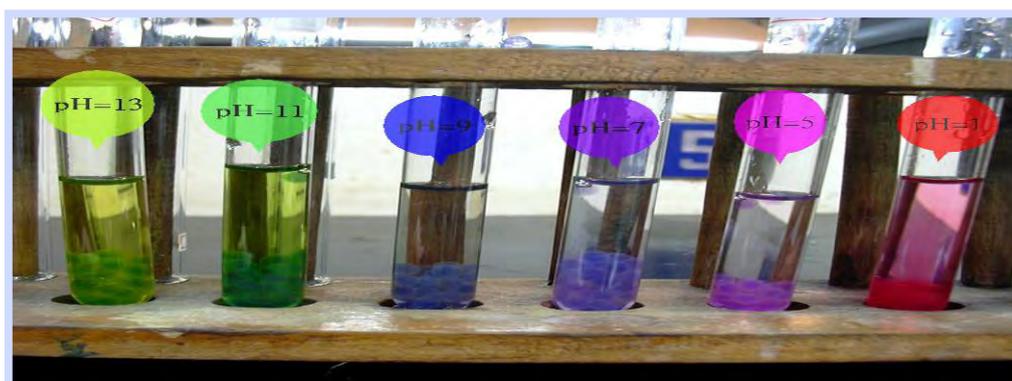


圖 3.3d 在紫色高麗菜汁 pH=1~13 變色情形

-、+ 極產生氣體的體積比大約是 2:1 [最好的時候、需氣密良好]。

我們總結歸納：

電解氫氧化鈉水溶液：+ 極、產生氧氣
- 極、產生氫氣

[小結論]：

1. 我們看到 電解鹽水、氫氧化鈉水溶液產生的化學變化是不一樣的。【見研究 3-1、3-2】。

2. 依研究二結論，了解到 放電時的電壓：鹽水也是高於氫氧化鈉水溶液【見研究 2-2、2-3】。

研究四、Hold you!

研究 4-1：膠水的應用

有什麼辦法可以抓住、留住氣泡，減少它逸散到空氣中？我們想到用黏黏的，對了！就是它—膠水先來測試一下！

實驗時配成 2.5% 的鹽-膠水溶液，進行 6V 通電 1 分鐘。

將鹽巴加入膠水，攪拌時膠水是混濁的，裡面充滿氣泡。本來以為實驗失敗了，但放著不管它一個晚上，奇蹟出現氣泡浮出，鹽-膠水恢復透明。



圖 4.1a 製造教具—膠水與漿糊

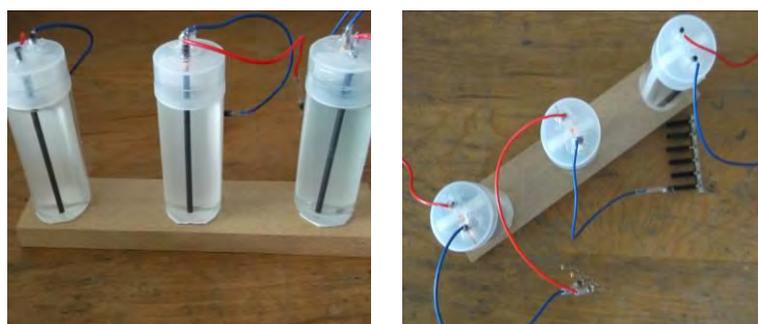


圖 4.1b 製造教具—膠水-食鹽燃料電池

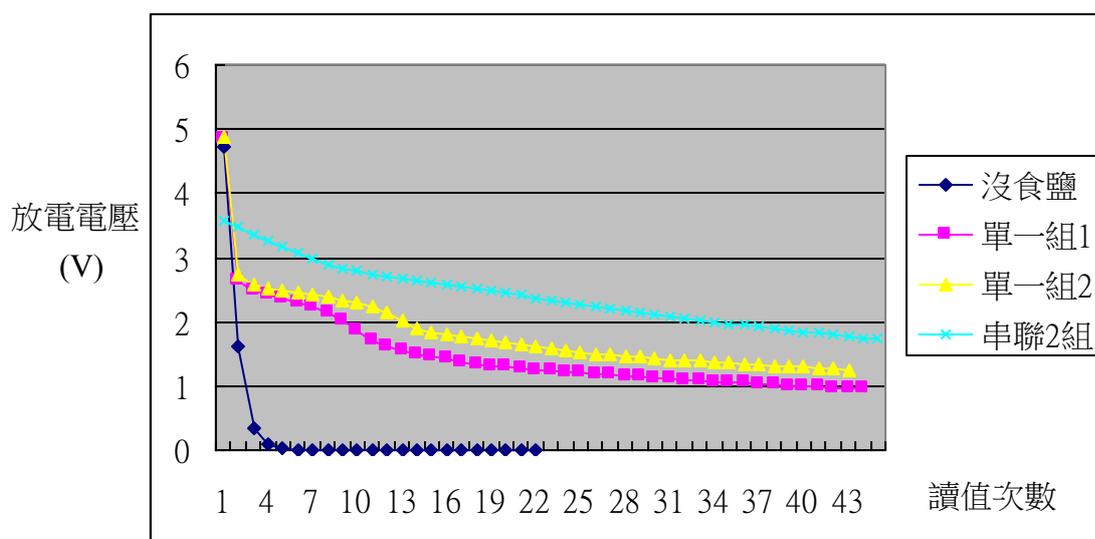


圖 4.1c 膠水-食鹽燃料電池：串聯 2 組有電壓增大現象

[小結論]

在圖 4.1C 的確可以觀察到，沒有食鹽時放電電壓非常小；串聯電壓的確有比單一組的電壓大！

研究 4-2：洋菜凍燃料電池

有沒有可以取代膠水或漿糊的東西呢？對了，[那用洋菜呢？](#)我們突發奇想！那就試試吧！

洋菜(Agar、寒天、瓊脂膠)來自海藻的提煉，植物性食品。把乾燥的粉末和食鹽先泡在冷水，加熱到沸騰才會完全溶解澄清，趁熱倒入放有碳棒的燒杯，再靜置冷卻讓它結凍(圖 4.2a~b)。



圖 4.2a 靜置冷卻固定碳棒



圖 4.2b 準備實驗



圖 4.2c 發霉的洋菜凍

如果洋菜的結凍不理想(如洋菜凍間出現空隙)，可以重新加熱融化(不必再煮到沸騰)就可以重新使用，不必浪費材料。

「洋菜凍燃料電池」充放電實驗

實驗步驟：依表 4.2a 配製材料成燃料電池，以直流電 6V 電解 1 分鐘；電解後再連接三用電表，每 5 秒讀一次電壓至 90 秒共 18 點，記錄於表 4.2b。

表 4.2a：製備洋菜凍燃料電池[A 為對照組實驗]

No	Agar 重(g)	鹽(g)	水(ml)	No	Agar 重(g)	鹽(g)	水(ml)
A	—	2	400	D	6	2	400
B	2	2	400	E	8	2	400
C	4	2	400	F	10	2	400

表 4.2b：洋菜凍燃料電池放電實驗

No	電壓值(每 5 秒記錄一次)								
A	2.10	2.06	2.05	2.05	2.02	2.02	2.00	1.99	1.98
	1.97	1.95	1.94	1.94	1.93	1.91	1.91	1.89	1.87

表 4.2b(續)：洋菜凍燃料電池放電實驗

No	電壓值(每 5 秒記錄一次)								
B	2.17	2.13	2.11	2.09	2.08	2.06	2.05	2.04	2.03
	2.02	2.01	2.00	1.98	1.97	1.96	1.94	1.93	1.92
C	2.22	2.17	2.14	2.12	2.10	2.09	2.08	2.08	2.07
	2.06	2.05	2.04	2.04	2.03	2.02	2.01	2.00	1.99
D	2.20	2.16	2.13	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.03
	2.01	1.99	1.97	1.96	1.94	1.93	1.91	1.90	1.88
E	2.29	2.23	2.19	2.16	2.15	2.13	2.11	2.10	2.09
	2.08	2.08	2.07	2.06	2.06	2.05	2.04	2.03	2.03
F	2.33	2.28	2.25	2.22	2.20	2.19	2.17	2.16	2.15
	2.14	2.13	2.12	2.11	2.10	2.10	2.09	2.08	2.08

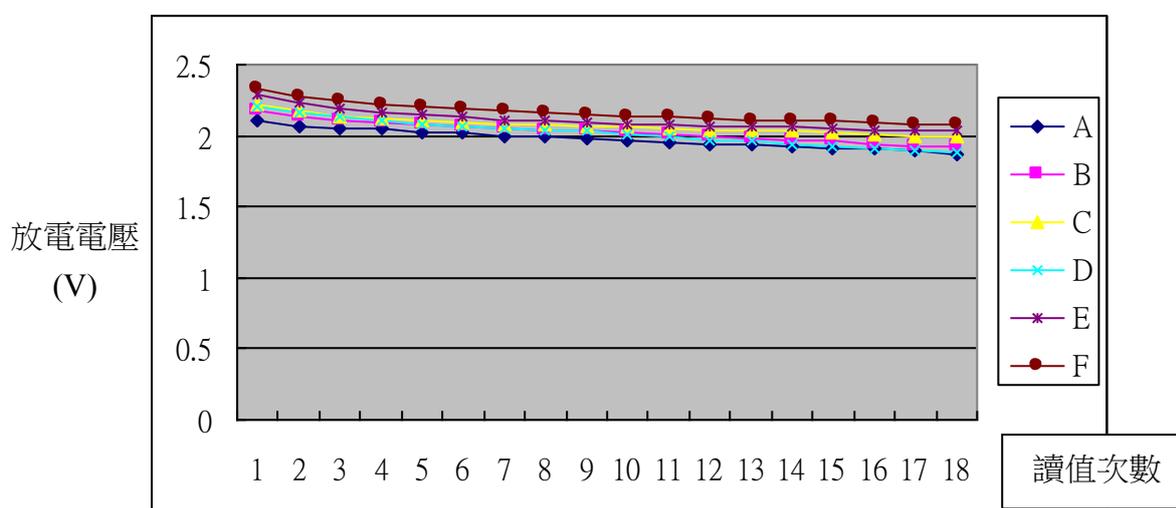


圖 4.2d 洋菜凍燃料電池放電實驗

[小結論]

1. 電解時兩電極產生的氣體容易停留在電極附近，量太多時會逸出到空氣中。在洋菜凍上方再加層保麗龍膠，電解時產生的氣體不容易散逸空中；當燃料電池放電時，持久效果佳。

沒有覆蓋保麗龍膠的洋菜凍容易長出霉菌(圖 4.2c)。

2. 洋菜凍比例以 4：400 最適中，節省洋菜粉，"凍"的型式剛剛好不會太硬和太軟且富彈性。

3. 在鹼性(氫氧化鈉溶液)與酸性(稀酸溶液)中，洋菜結凍效果不佳。鹼中(圖 4.2e)成黃褐色，靜置一天只有上半部分才結凍，下半部分是水狀；酸中完全不結凍，只有食鹽水溶液最可行，兩三小時靜置就結凍。

5. 洋菜-紫色高麗菜的電解情形圖 4.2f~g。

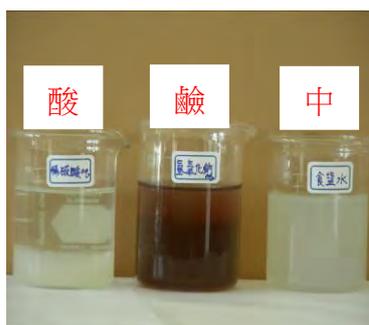


圖 4.2e 酸鹼中凝結情形



圖 4.2f 正極成紅色(酸)



圖 4.2g 負極偏綠色(鹼)

研究 4-3：妙用吸水高分子

對了！吸水高分子是近年來非常有趣的科技產品(圖 4.3a、b)，它超會吸水的，只要一點點粉末便能吸收大量的水，吸水後會抓住水不容易滲出，常用在—魔術表演、玩具(雪花玩具)、尿布上。



圖 4.3a 市售雪花玩具



圖 4.3b 吸水高分子

我們把它應用在燃料電池上！

這吸水高分子的吸水能力跟水中的物質(溶質)有關，吸水高分子吸純水(自來水)的水量很大，一旦加入食鹽它的吸水能力就會大幅下降，必須加入更多的吸水高分子才能吸水。它們的關係如下表。

	自來水	鹽水比例 (鹽：水)				
		1：100	2：100	3：100	4：100	5：100
吸水量(g)	121.0	28.9	20.8	18.5	15.3	12.8
食鹽重(g)	0	2	4	6	8	10

吸水高分子燃料電池

[實驗步驟]

1.配製不同比例濃度的鹽水溶液(水量固定為 400ml)與所須加入的吸水高分子，以直流電 9V 電解 3 分鐘。

	A 溶液	B 溶液	C 溶液	D 溶液	E 溶液	F 溶液
吸水高分子重(g)	—	3.8	4.4	4.8	6.8	7.7
鹽(g)	2	2	4	6	8	10

2.以三用電表測量放電電壓。

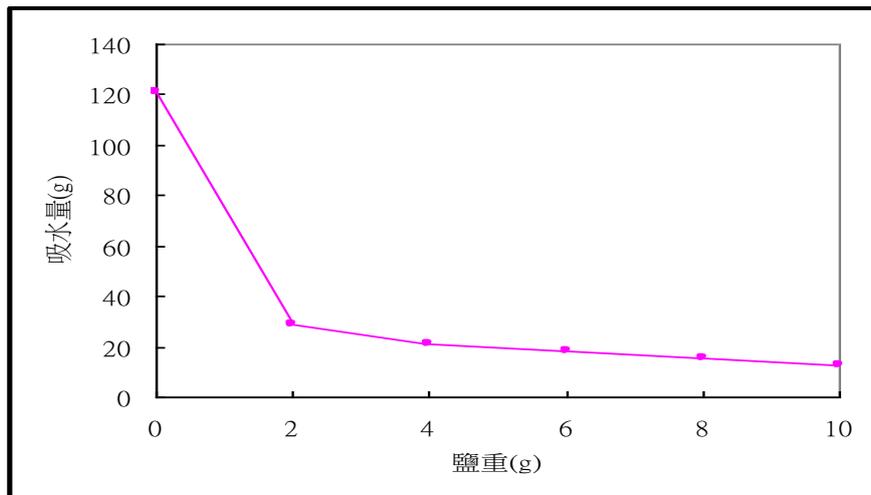


圖 4.3c：食鹽含量影響吸水高分子吸水能力

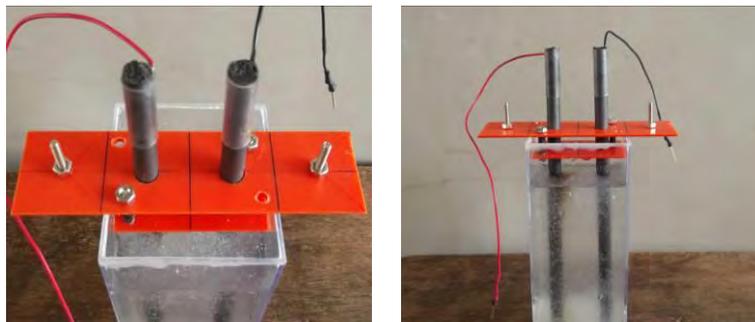


圖 4.3d 吸水高分子實驗

表 4.3a：吸水高分子式燃料電池放電實驗

組別	電壓值(每 5 秒記錄一次)								
A	2.10	2.06	2.05	2.05	2.02	2.02	2.00	1.99	1.98
	1.97	1.95	1.94	1.94	1.93	1.91	1.91	1.89	1.87
B	1.98	1.95	1.92	1.90	1.88	1.85	1.83	1.81	1.80
	1.78	1.77	1.75	1.74	1.73	1.71	1.70	1.69	1.68
C	2.12	2.10	2.08	2.06	2.04	2.03	2.02	2.01	1.99
	1.98	1.96	1.95	1.94	1.93	1.92	1.91	1.90	1.89
D	2.29	2.23	2.19	2.17	2.16	2.14	2.12	2.11	2.10
	2.09	2.08	2.07	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01	2.00
E	2.19	2.14	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.01
	1.99	1.97	1.96	1.95	1.93	1.92	1.90	1.89	1.88
F	2.34	2.19	2.16	2.14	2.14	2.12	2.11	2.08	2.08
	2.07	2.06	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.96	1.95

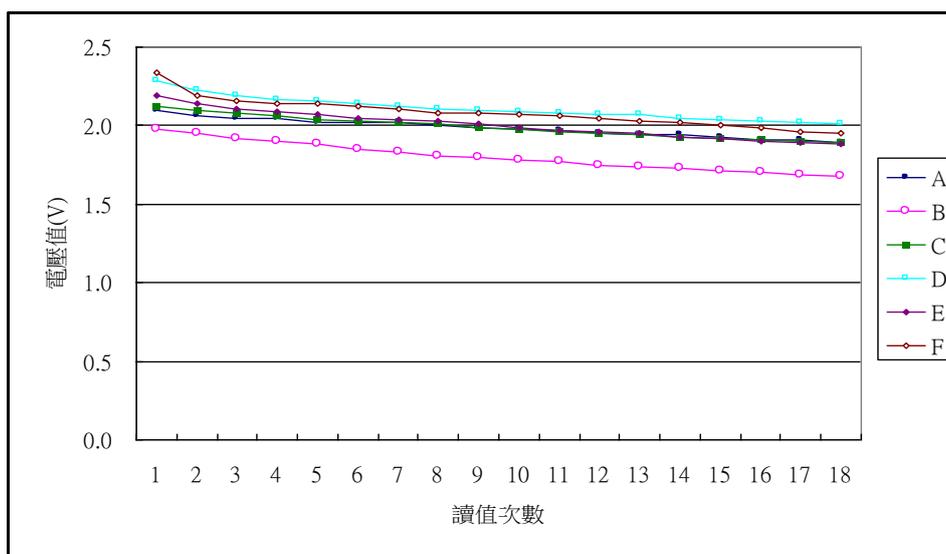


圖 4.3e：吸水高分子燃料電池放電實驗圖

[小結論]：

我們發現以三用電表來量是無法看出差異。但是接上音樂盒後會出現明顯的不同，**對照組(A 溶液)**的音樂鈴聲會小聲而且沒幾分鐘就沒聲音了，耗電快。但有吸水高分子的組持續時間比較久(甚至可達一小時以上)。

我們認為是 A 溶液產生的氣體大多流失在空氣中，沒有儲存在溶液中所造成的結果。

伍、研究結果

研究一

首先我們了解電池的基本原理，**電流流出+極是放電(把電拿出來用)**；而當**電流自+極流入就是充電**。

了解如果利用三用電表或 LED 來判斷電池的+、-極。

電解食鹽水不難[**自然課本實例**]，在裝滿清水杯中加些鹽巴攪拌後，放上兩根筆芯，接上直流電(電池)就可以看到氣泡產生。其中**燃料電池的+、-極就是接電池(直流電)電源的+、-極**。

電解水就是充電過程。

以自然教具來研製實驗器材，方便固定碳棒不會東倒西歪影響觀察。

研究二

我們仔細探討不同水溶液(汽水、醋、小蘇打粉...等) [**自然教具提供**]、電極棒之間的距離變化、不同的電解電壓、電解質濃度變化、筆芯成份(8B~2H)、並聯石墨棒的電解、粗細不同碳棒等因素進行實驗，了解電解後電壓的變化。

除了並聯石墨棒的電解看不出明顯的變化(曲線一致)，其中因素都有或多或少的影響。

研究三

電解食鹽水會有漂白水味道出現，產生化學變化有其它物質產生。

觀察到：**電解時，會造成+、-極附近水溶液有酸、鹼的變化，這酸鹼的改變(原本中性水溶液)，可以用紫色高麗菜汁來顯現**。

紫色高麗菜汁對電解氫氧化鈉水溶液是看不出結果的。

這說明電解對不同的溶質[電解質]有不同的反應變化。

研究四

我們希望抓住生成的氣泡，不要逸散到空氣中，將電力保存久一點。

使用**吸水高分子**的效果最佳，它會隨著食鹽的濃度增加而減少吸水能力。所以使用時要多加一些吸水高分子。

在電解後，接上音樂盒，可以發現明顯的延長了音樂鈴聲的時間。

陸、討 論

電解水的實驗發現，沒有食鹽、氫氧化鈉的幫助[電解質]即使一般的自來水也不容易產生電解、氣泡。

加入食鹽馬上會看到電解反應是很快的進行，過程中有漂白水味道出現，我們 google 後了解，這是產生氯氣後馬上會和水產生漂白水。

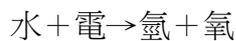
我們研究發現以 0.001%濃度的食鹽水溶液，在電解時才聞不到漂白水味，但電解後最大電壓約 1.97V。

氫氧化鈉進行電解實驗是沒有漂白水味，這說明加入的電解質不同會影響電解以後的結果。**更重要的是**，我們學到不是什麼電解質都是可以拿來電電看，或者隨意更改電極棒的材料，因為以我們目前的知識還不容易判斷會產生什麼化學物質。

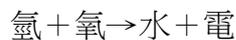
燃料電池放電時的變化

為什麼燃料電池會產生電？

在電解(就是充電過程)氫氧化鈉水溶液，會產生氫氣、氧氣【研究 3-3】



當放電時，就會有電產生[是上面反應的相反方向]



也就是說對燃料電池而言，「充電」就是完成電解水的過程，就是把水分解變成氫和氧。

有了氫與氧，燃料電池就可以發電，產生電力(直流電)。

那要如何來判斷燃料電池的+、-極呢？

我們發現這問題相當簡單，原本電解水時的+、-極，就是當燃料電池時的+、-極，完全一樣沒有改變。

柒、結 論

有款來自日本的 Kenis「燃料電池」教具，只須加 5-10% 的氫氧化鈉水溶液，僅僅以手搖發電機產生的電力就能電解水產生氫和氧；不電解時只要接上音樂蜂鳴器，那「給愛麗絲」聲音變能傳出來。

這東西有趣，可是漂洋過海就不便宜。

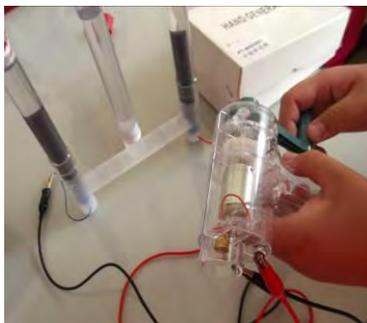
我們找到的方法：水族水管、針筒、壓克力盒，加上碳棒，不用氫氧化鈉，只要用食鹽。讓生日卡片的音樂輕鬆的播放出來。體驗科學的有趣！過程中許多的失敗挫折反而顯得微不足道！



日本的燃料電池玩具

大家 DIY 親身體驗，勝過課程之中乏味的科學解說，一經動手嘗試原理與過程恆久難忘添增對科學的興趣。老師則可以用於一般的教學之中，恆生妙趣。

我們透過一系列的方法有效的研究製作出有趣的科學教具。可以請您發揮創意，激發更多的想像力、創造力，想像它可以被運用在哪些有趣的地方。



手搖發電機為電池充電



音樂卡製作成音樂盒



音樂卡製作成音樂盒



手搖發電機

捌、參考文獻

- 1.自然與生活科技(六上)－水溶液。康軒。
- 2.自然與生活科技(六上)－電磁作用。康軒。
- 3.自然與生活科技(四上)－運輸工作與能源。康軒。
- 4.自然與生活科技(四下)－奇妙的電路。康軒。
- 5.次氯酸－維基百科。民 102 年 3 月 30 日，取自：
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AC%A1%E6%B0%AF%E9%85%B8>
- 6.次氯酸鈉－物質安全資料表。民 102 年 3 月 30 日，取自：
<http://www.ccp.com.tw/MSDSnew.nsf/0/025808B08F1B52C1482574830024ADC7?OpenDocument>

【評語】 080208

本研究是以石墨作電極，探討不同類型水溶液電解反應的研究，並利用產生的氫氣作燃料電池的測試，對乾淨能源的開發有正面的意義。

然而利用石墨作為氫燃料電池的電極，效果似乎不佳。可進一步對石墨電極作改良，以增進燃料電池的效果。