

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030216

臺東縣立新生國民中學

指導老師姓名

邱洋斌

王建今

作者姓名

簡忠源

吳聿倫

曹傑凱

黃彥凱

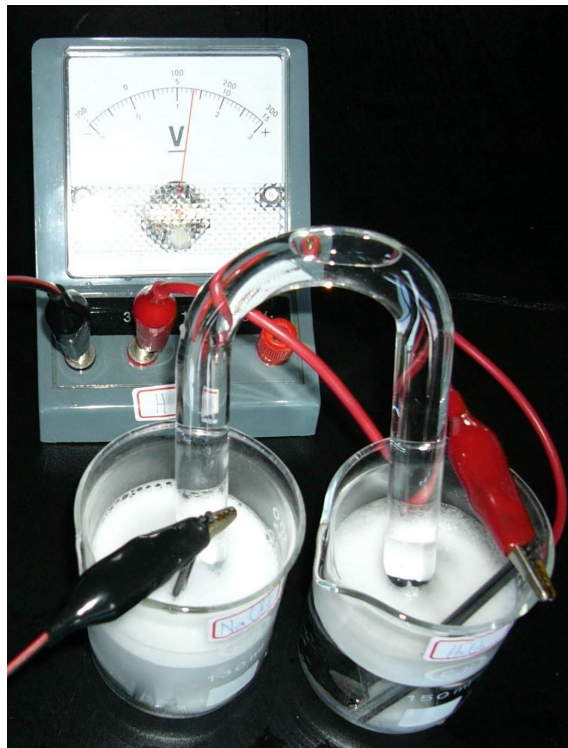
中華民國第四十四屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱： 神奇的燃料電池



關鍵詞：燃料電池、電解、能量轉換

編號：

壹、摘要

本研究分成兩部分，第一是探討一般電源轉換成燃料電池的電源之電壓轉換情形，第二乃利用實驗室的簡易儀器仿製伏打電池來製作燃料電池，並探討加入合成清潔劑使其產生泡沫後，電壓是否能夠穩定。在第一部分的實驗中，以電源供應器做為穩定的供應電源、0.1M 硝酸鉀做為電解液，依供應的電壓、通電時間與電極（實驗室碳棒）在液面下的接觸面積的不同，結果發現電壓越大，或通電的時間越久，或電極接觸面積越大，燃料電池剛開始的電壓越大，且電壓下降的也越緩慢。第二部分的實驗中，仿製伏打電池以自製燃料電池，正極部分使用未稀釋的雙氧水加上少許的二氧化錳以產生適量氧氣，負極部分則使用固定面積的鋁箔片加上濃度相同的鹽酸或氫氧化鈉以產生氫氣，電極材料使用 4B 的鉛筆心（4B 為三種碳棒種類 H、2B、4B 中效果最佳者），以 1M 的硝酸鉀做為鹽橋，並探討加入合成清潔劑產生泡沫後是否可以使電壓穩定，結果發現鋁箔片與氫氧化鈉產生氫氣的反應較佳，且增加接觸面積時，燃料電池的電壓較大、電壓下降的時間較長，而加入合成清潔劑後，電壓更加穩定。每添加一次鋁箔片以產生氫氣時，電壓可以立即回復至最大電壓，證明氫氣燃料電池使用時若電壓下降，則必須繼續添加反應物質。而當負極溶液中沒有氫氣則無法產生電力，更證明了氫氣與氧氣是本實驗之自製氫氣燃料電池的電力來源。

貳、研究動機

自然課進行到電解質的部分時，老師曾提到電解質水溶液可以導電，並且在電極附近會發生化學反應，稱為「電解」。如果電解硝酸鉀水溶液時，兩極分別會產生氫氣與氧氣，老師也提到氫氣與氧氣可以當作「燃料電池」。在好奇心驅使下，找了幾個志同道合的同學，一起請教老師如何自製燃料電池，並研究它的性質。

參、研究目的

- 一、電解硝酸鉀水溶液後，觀察兩極所產生的氫氣與氧氣是否真的可以產生電力？
- 二、在不同供應電壓大小、通電時間、電極在液面下的長度（與氣體的接觸面積）時，觀察並紀錄燃料電池的最大電壓與電壓每下降 0.5 伏特所需的時間。
- 三、自製燃料電池中，不同的碳棒電極（H、2B、4B）與燃料電池的電壓每 5 分鐘的升降情形。
- 四、自製燃料電池中，因為 4B 做為電極的效果最好，所以繼續研究不同數目的 4B 鉛筆心的情形。
- 五、自製燃料電池中，可產生氫氣的不同反應物與燃料電池的電壓每 5 分鐘的升降情形。
- 六、自製燃料電池中，研究合成清潔劑是否可以使燃料電池的電壓穩定。
- 七、驗證自製燃料電池的電力來源，與兩極溶液中所產生的氫氣與氧氣有關。
- 八、印證課本上所學，並觀察有趣的能量轉換現象。

肆、研究設備與器材

一、電源供應器	x2 台
二、紅、黑鱷魚夾	x4 組
三、伏特計	x4 組
四、鉛筆芯 H、2B、4B	x3 組
五、實驗室碳棒	x2 組
六、燒杯 1000mL、250mL	x4 組
七、氫氧化鈉水溶液 1M、80mL	x2 組
八、鹽酸 1M、80mL	x2 組
九、硝酸鉀水溶液 1M、0.1M	x4 組
十、鋁箔片 (16 平方公分x6 片)	x6 組
十一、雙氧水 (35%，未稀釋)	x2 組
十二、二氧化錳	x少許
十三、U 型管、棉花	x2 組
十四、馬錶	x4 組
十五、合成清潔劑 (洗碗精)	x少許

伍、研究過程與方法

- 一、研究一：檢驗是否存在「燃料電池」？證明氫氣與氧氣分別在負極與正極時，有電流產生。
 - (一) 準備電源供應器一組，提供穩定電源。
 - (二) 準備實驗室碳棒、硝酸鉀水溶液 1M、及紅、黑鱷魚夾 (紅接正、黑接負)，進行電解。
 - (三) 電解一分鐘後停止通電，將接電源的鱷魚夾改接伏特計，由大至小開始測量，觀察是否有電壓產生。
- 二、研究二：觀察並紀錄不同大小的供應電壓、電極棒的接觸面積、通電時間與燃料電池的最大電壓與電壓下降情形。電極為實驗室的碳棒、電解質水溶液為 0.1M 硝酸鉀水溶液、電源供應器為電源，並假設提供電源的電壓越大、電解的時間越久、電極的接觸面積越大，所產生的電壓越大，電壓下降的也越慢。
 - (一) 電壓 10 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 5cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
 - (二) 電壓 10 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 3cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
 - (三) 電壓 10 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 1cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
 - (四) 電壓 5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 5cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。

Register to Remove Trial Watermark!!

- (五) 電壓 5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 3cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
- (六) 電壓 5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 1cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
- (七) 電壓 2.5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 5cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
- (八) 電壓 2.5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 3cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
- (九) 電壓 2.5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 1cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘後，測量剛開始產生的電壓 (最大電壓)，以及每降 0.5 伏特所需的時間。
- 三、研究三：仿製伏打電池來自製燃料電池，觀察並紀錄 3 種電極棒 (鉛筆芯) 種類與燃料電池的電壓每 5 分鐘的升降情形。正極產生氧氣的材料為 35% 的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳做為催化劑；負極產生氫氣的材料為鹽酸 1M、80mL 與鋁箔片 (16 平方公分×6 片) 3 組，或氫氧化鈉水溶液 1M、80mL 與鋁箔片 (16 平方公分×6 片) 3 組，分別測量 3 種鉛筆芯做為電極的情形；鹽橋為 1M 硝酸鉀水溶液。假設鹽酸或氫氧化鈉與鋁箔片的反應何者越激烈，產生的氫氣越多；或電極種類含越多石墨者 (4B > 2B > H)，導電度較佳；或以不同數目的 4B 碳棒做為電極，電極數目 2 根比 1 根的接觸面積大，則產生的電壓就越大，電壓下降的也越慢。
- (一) 一個燒杯裝 35% 的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳，以及鹽酸 1M、80mL 與鋁箔片 (16 平方公分×6 片，每 10 分鐘放 2 片) 3 組，加入鹽橋後，測量三種電極 (H、2B、4B) 及不同數目的電極碳棒時，電池每 5 分鐘之電壓升降情形。
- (二) 一個燒杯裝 35% 的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳，以及氫氧化鈉水溶液 1M、80mL 與鋁箔片 (16 平方公分×6 片，每 10 分鐘放 2 片) 3 組，加入鹽橋後，測量三種電極 (H、2B、4B) 及不同數目的電極碳棒時，電池每 5 分鐘之電壓升降情形。
- 四、研究四：在自製燃料電池中，添加合成清潔劑數滴，使產生的氫氣與氧氣變成氣泡浮在液面，測量三種電極 (H、2B、4B) 及不同數目的電極 4B 碳棒時，電池每 5 分鐘之電壓升降情形。此外，製作氯化鋁水溶液做為負極，並使水溶液中完全沒有氫氣，再以雙氧水 (製造氧氣) 做為正極，由於缺少燃料電池所需的氣體，所以假設將兩溶液以鹽橋連接後，將沒有電力產生，也證明此實驗乃為自製的氫氣燃料電池，若沒有反應所需的氫氣，將無法產生電力。

陸、研究結果

- 一、 研究一：電解電解質水溶液 (硝酸鉀水溶液 0.1M) 時，正極會產生氧氣 (可使線香燃燒更旺盛)，負極會產生氫氣 (具可燃性、有爆鳴聲)，而且藉由附在實驗室碳棒上的氫氣與氧氣，可以使伏特計偏轉，產生電壓，證實了燃料電池的存在。
- 二、 研究二：

Register eDocPrinter PDF Pro Online Now!!

Register to Remove Trial Watermark!!

(一) 電壓 10 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 5cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表一所示：

表一：電壓 10 伏特、電極在液面下 5cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 2.7V)	11 秒	1 分 17 秒	4 分 54 秒	28 分 36 秒	1 小時 27 分 20 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 2.8V)	11 秒	1 分 18 秒	7 分 03 秒	34 分 06 秒	1 小時 58 分 32 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 3.1 V)	13 秒	2 分 32 秒	12 分 44 秒	1 小時 04 分 13 秒	2 小時 17 分 32 秒

數據分析：通電時間越久，電壓每下降 0.5 伏特的時間也越久。

(二) 電壓 10 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 3cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表二所示：

表二：電壓 10 伏特、電極在液面下 3cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 2.3V)	/	15 秒	1 分 46 秒	8 分 40 秒	59 分 06 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 2.5V)	/	39 秒	3 分 15 秒	9 分 04 秒	1 小時 07 分 21 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 2.7 V)	7 秒	42 秒	4 分 28 秒	14 分 25 秒	1 小時 24 分 38 秒

數據分析：通電時間越久，電壓每下降 0.5 伏特的時間也越久。

(三) 電壓 10 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 1cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表三所示：

表三：電壓 10 伏特、電極在液面下 1cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 1.9V)	/	/	33 秒	3 分 28 秒	19 分 34 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 2.0V)	/	1 秒	1 分 05 秒	5 分 08 秒	25 分 10 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 2.0V)	/	3 秒	1 分 11 秒	8 分 10 秒	41 分 40 秒

數據分析：比較表一、表二，電極在液面下越長、通電時間越久，每下降 0.5 伏特的時間也越久。

Register to Remove Trial Watermark!!

(四) 電壓 5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 5cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表四所示：

表四：電壓 5 伏特、電極在液面下 5cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 2.2V)	/	35 秒	2 分 37 秒	21 分 25 秒	1 小時 01 分 31 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 2.4V)	/	38 秒	3 分 26 秒	29 分 23 秒	1 小時 14 分 15 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 2.6V)	3 秒	49 秒	4 分 52 秒	34 分 03 秒	1 小時 32 分 46 秒

數據分析：通電時間越久，電壓每下降 0.5 伏特的時間也越久。

(五) 電壓 5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 3cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表五所示：

表五：電壓 5 伏特、電極在液面下 3cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 2.1V)	/	5 秒	1 分 11 秒	9 分 43 秒	53 分 18 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 2.2V)	/	8 秒	1 分 38 秒	12 分 38 秒	57 分 10 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 2.3V)	/	10 秒	1 分 46 秒	13 分 03 秒	1 小時 06 分 35 秒

數據分析：，電壓越大、電極在液面下越長、通電時間越久，電壓每下降 0.5 伏特的時間也越久。

(六) 電壓 5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 1cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表六所示：

表六：電壓 5 伏特、電極在液面下 1cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 1.9V)	/	/	37 秒	6 分 25 秒	1 小時 05 分 55 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 1.8V)	/	/	53 秒	8 分 50 秒	1 小時 00 分 19 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 2.2V)	/	/	4 分 31 秒	27 分 33 秒	2 小時 29 分 54 秒

數據分析：比較表四、表五，電極在液面下越長、通電時間越久，每下降 0.5 伏特的時間也越久。

Register to Remove Trial Watermark!!

(七) 電壓 2.5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 5cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表七所示：

表七：電壓 2.5 伏特、電極在液面下 5cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 1.6V)	/	/	23 秒	5 分 56 秒	51 分 12 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 1.8V)	/	/	1 分 31 秒	12 分 08 秒	1 小時 11 分 2 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 1.9 V)	/	/	12 分 44 秒	1 小時 04 分 13 秒	2 小時 04 分 56 秒

數據分析：通電時間越久，電壓每下降 0.5 伏特的時間也越久。

(八) 電壓 2.5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 3cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表八所示：

表八：電壓 2.5 伏特、電極在液面下 3cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 1.6V)	/	/	8 秒	1 分 58 秒	16 分 01 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 1.7V)	/	/	25 秒	3 分 25 秒	21 分 34 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 1.8V)	/	/	34 秒	4 分 02 秒	21 分 50 秒

數據分析：通電時間越久，電壓每下降 0.5 伏特的時間也越久。

(九) 電壓 2.5 伏特、電極棒的接觸面積 (液面下 1cm) 分別通電 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘，如下表九所示：

表九：電壓 2.5 伏特、電極在液面下 1cm 時，通電時間與電壓每下降 0.5 伏特的關係

電壓範圍 (維持時間)	3.0V~2.5V	2.5V~2.0 V	2.0V~1.5 V	1.5V~1.0 V	1.0V~0.5 V
通電 1 分鐘 (最大電壓 1.5V)	/	/	3 秒	2 分 25 秒	33 分 52 秒
通電 5 分鐘 (最大電壓 1.6V)	/	/	42 秒	5 分 41 秒	45 分 40 秒
通電 10 分鐘 (最大電壓 1.7V)	/	/	50 秒	7 分 09 秒	51 分 30 秒

數據分析：比較表七、表八，電極在液面下越長、通電時間越久，每下降 0.5 伏特的時間也越久。

Register to Remove Trial Watermark!!

三、 研究三、研究四：

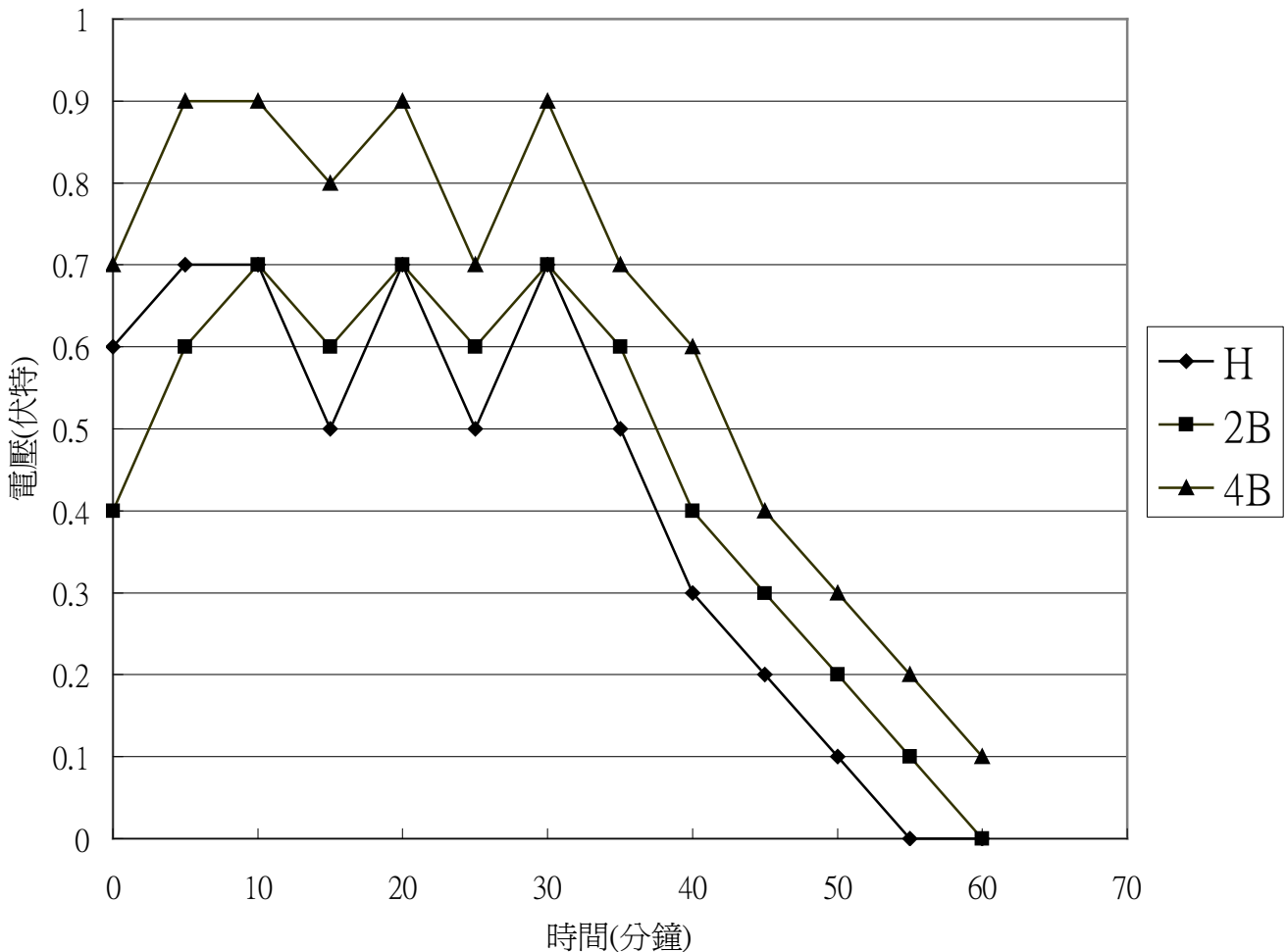
(一) 35%的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳，以及鹽酸 1M、80mL 與鋁箔片（16 平方公分×6 片，每 10 分鐘放 2 片）在 3 種鉛筆芯做為電極下之情形（未加合成清潔劑），如下表一、圖一所示：

表一：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係（未加合成清潔劑）

鉛筆芯的種類	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
H	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0
2B	0.4	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0
4B	0.7	0.9	0.9	0.8	0.9	0.7	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

數據分析：4B 做為電極的最大電壓最大，電壓下降的越久。

圖一：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係圖：（未加合成清潔劑）



Register to Remove Trial Watermark!!

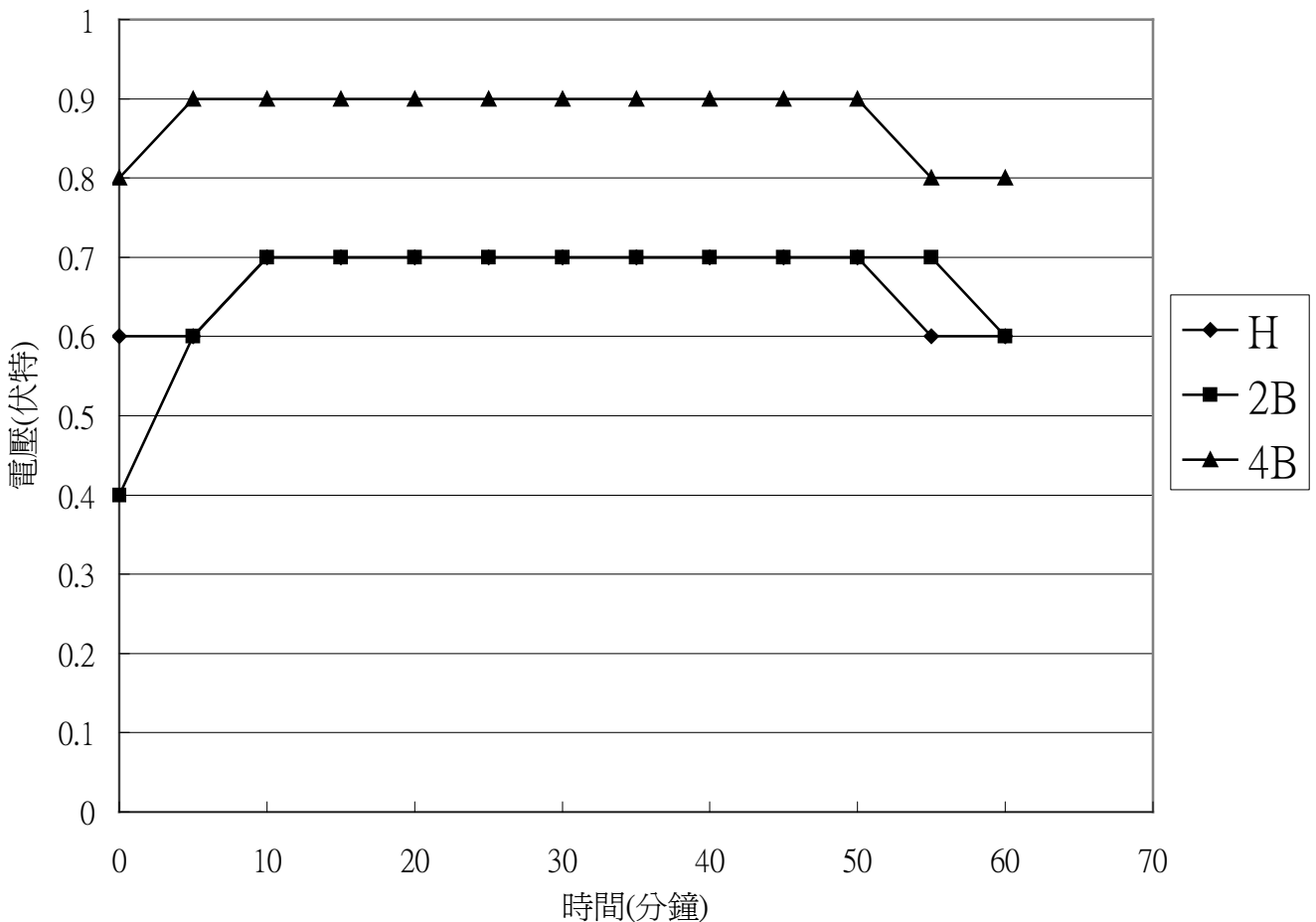
(二) 35%的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳，以及鹽酸 1M、80mL 與鋁箔片（16 平方公分×6 片，每 10 分鐘放 2 片）在 3 種鉛筆芯做為電極下之情形（加 3 滴合成清潔劑），如下表二、圖二所示：

表二：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係（加 3 滴合成清潔劑）

鉛筆芯的種類	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
H	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
2B	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6
4B	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8

數據分析：與表一比較，添加合成清潔劑後，4B 做為電極的最大電壓最大，且電壓下降的更久。

圖二：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係圖：（加 3 滴合成清潔劑）



Register to Remove Trial Watermark!!

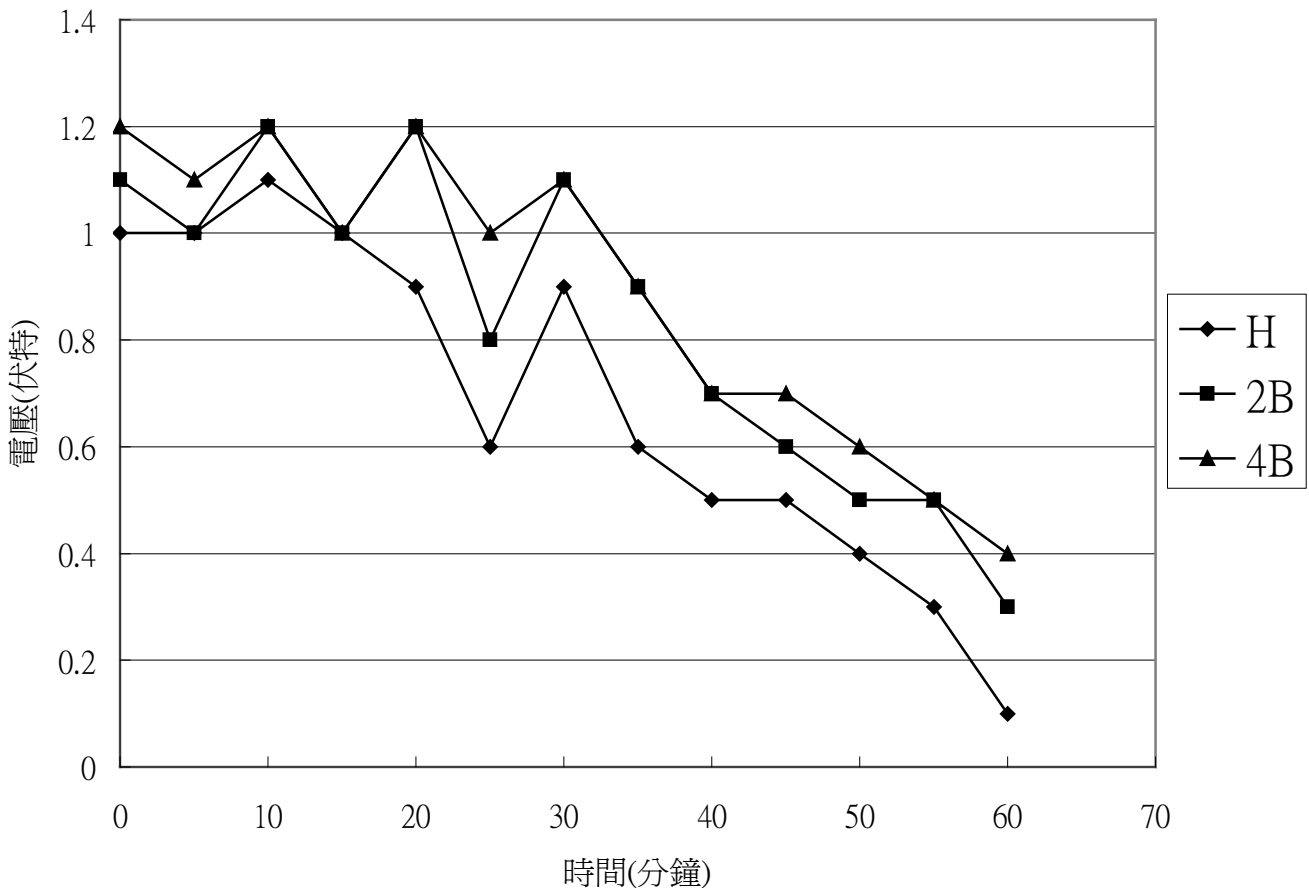
(三) 35%的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳，以及氫氧化鈉水溶液 1M、80mL 與鋁箔片（16 平方公分×6 片，每 10 分鐘放 2 片）在 3 種鉛筆芯做為電極下之情形（未加合成清潔劑），如下表三、圖三所示：

表三：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係（未加合成清潔劑）

鉛筆芯的種類	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
H	1.0	1.0	1.1	1.0	0.9	0.6	0.9	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1
2B	1.1	1.0	1.2	1.0	1.2	0.8	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3
4B	1.2	1.1	1.2	1.0	1.2	1.0	1.1	0.9	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4

數據分析：4B 做為電極的最大電壓最大，電壓下降的越久。

圖三：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係圖：（未加合成清潔劑）



Register to Remove Trial Watermark!!

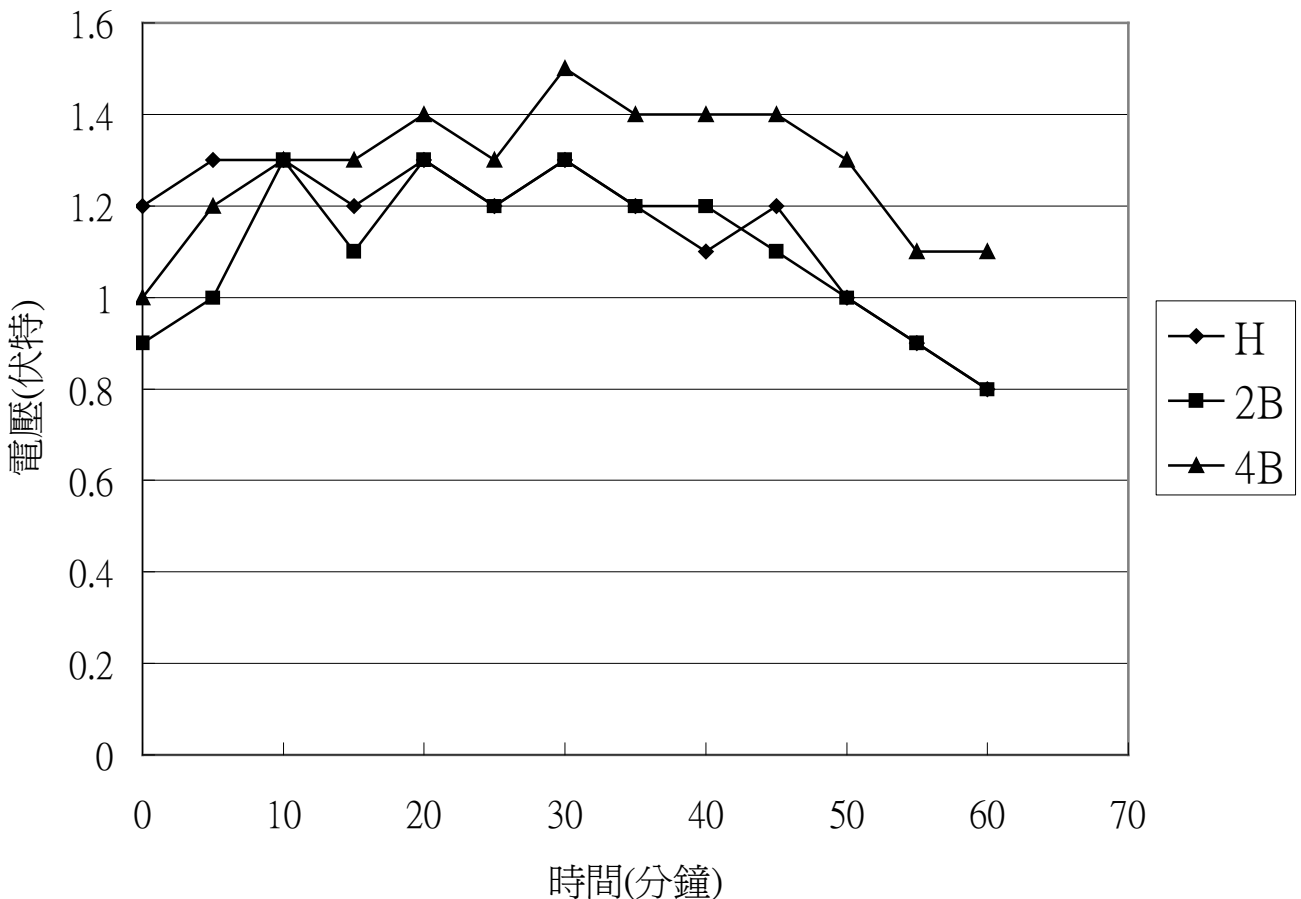
(四) 35%的雙氧水 80mL 及少許二氧化錳，以及氫氧化鈉水溶液 1M、80mL 與鋁箔片（16 平方公分×6 片，每 10 分鐘放 2 片）在 3 種鉛筆芯做為電極下之情形（加 3 滴合成清潔劑），如下表四、圖四所示：

表四：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係（加 3 滴合成清潔劑）

鉛筆芯的種類	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
H	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.0	0.9	0.8
2B	0.9	1.0	1.3	1.1	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
4B	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1

數據分析：與表三比較，添加合成清潔劑後，4B 做為電極的最大電壓最大，且電壓下降的更久。

圖四：3 種鉛筆芯做為電極與每 5 分鐘電壓大小的關係圖：（加 3 滴合成清潔劑）



Register to Remove Trial Watermark!!

(五) 使用 4B 做為電極，重複 (一)、(二)、(三)、(四) 的實驗，並探討不同數目的 4B 碳棒之電壓變化情形。

1. 重複實驗 (一)，探討不同數目的 4B 碳棒做為電極的情形，電壓變化如下表：

4B 碳棒的數目	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
1 根	0.4	0.4	0.5	0.5	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
2 根	0.1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6

數據分析：依據上表，剛開始的電壓以及每 5 分鐘所測得的電壓似乎與碳棒的數目無關，而且與實驗 (一) 比較，數據也不太相符，可能是之前實驗時碳棒殘餘部分氫氣或氧氣有關。

2. 重複實驗 (二)，探討不同數目的 4B 碳棒做為電極的情形，電壓變化如下表：

4B 碳棒的數目	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
1 根	0.2	0.1	0.5	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
2 根	0.2	0.2	0.4	0.2	0.5	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8

數據分析：依據上表，碳棒數目越多，電極與氣體的接觸面積越大，電壓比較大。

3. 重複實驗 (三)，探討不同數目的 4B 碳棒做為電極的情形，電壓變化如下表：

4B 碳棒的數目	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
1 根	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6
2 根	1.0	0.9	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0

數據分析：依據上表，碳棒數目越多，電極與氣體的接觸面積越大，電壓比較大。

4. 重複實驗 (四)，探討不同數目的 4B 碳棒做為電極的情形，電壓變化如下表：

4B 碳棒的數目	剛開始 (V)	5 分 (V)	10 分 (V)	15 分 (V)	20 分 (V)	25 分 (V)	30 分 (V)	35 分 (V)	40 分 (V)	45 分 (V)	50 分 (V)	55 分 (V)	60 分 (V)
1 根	0.3	0.3	0.6	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8
2 根	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0

數據分析：依據上表，碳棒數目越多，電極與氣體的接觸面積越大，電壓比較大。

(六) 驗證自製的燃料電池，是否為氫氣燃料電池：

取鋁箔片與過量的鹽酸反應，產生氯化鋁水溶液、氫氣、氯化氫、及少量氫氟酸，鋁箔片則完全反應。再以蒸發皿將此水溶液加熱蒸發結晶後，蒸發皿中只殘餘白色氯化鋁粉末，將氯化鋁粉末重新溶解於水中，則為不含氫氣的氯化鋁水溶液。將此水溶液做為負極，雙氧水做為正極，以鹽橋連接後，發現伏特計的指針依然為 0 伏特，結果表示，本自製燃料電池確實為氫氣燃料電池，必須要有氫氣做為負極，才能產生電力。

Register to Remove Trial Watermark!!

柒、討論

- 一、由研究一的結果，分別附在正、負電極（實驗室碳棒）上的氧氣與氫氣可以產生電能。
- 二、由研究二的結果，發現供應的電壓越大、通電時間越久、電極與氣體的接觸面積越大時，燃料電池的剛開始的電壓越大，電壓下降的越久。
- 三、由研究三的結果，發現 4B 做為電極的最大電壓最大，電壓下降的越久；此外，氫氧化鈉與鋁箔片產生氫氣的效果比鹽酸與鋁箔片的效果來的好。
- 四、由研究四的結果，發現加入合成清潔劑產生泡沫後，電壓較穩定，電壓下降的速率也減低了。
- 五、延續研究三、四的結果，繼續研究 4B 碳棒接觸面積時發現，碳棒數目越多，電極與氣體的接觸面積越大，電壓也較大。
- 六、由研究四中研究燃料電池產生電力的原因，與氫氣是否存在而參與化學反應有關。
- 七、加入合成清潔劑後的情形，如下圖一所示。

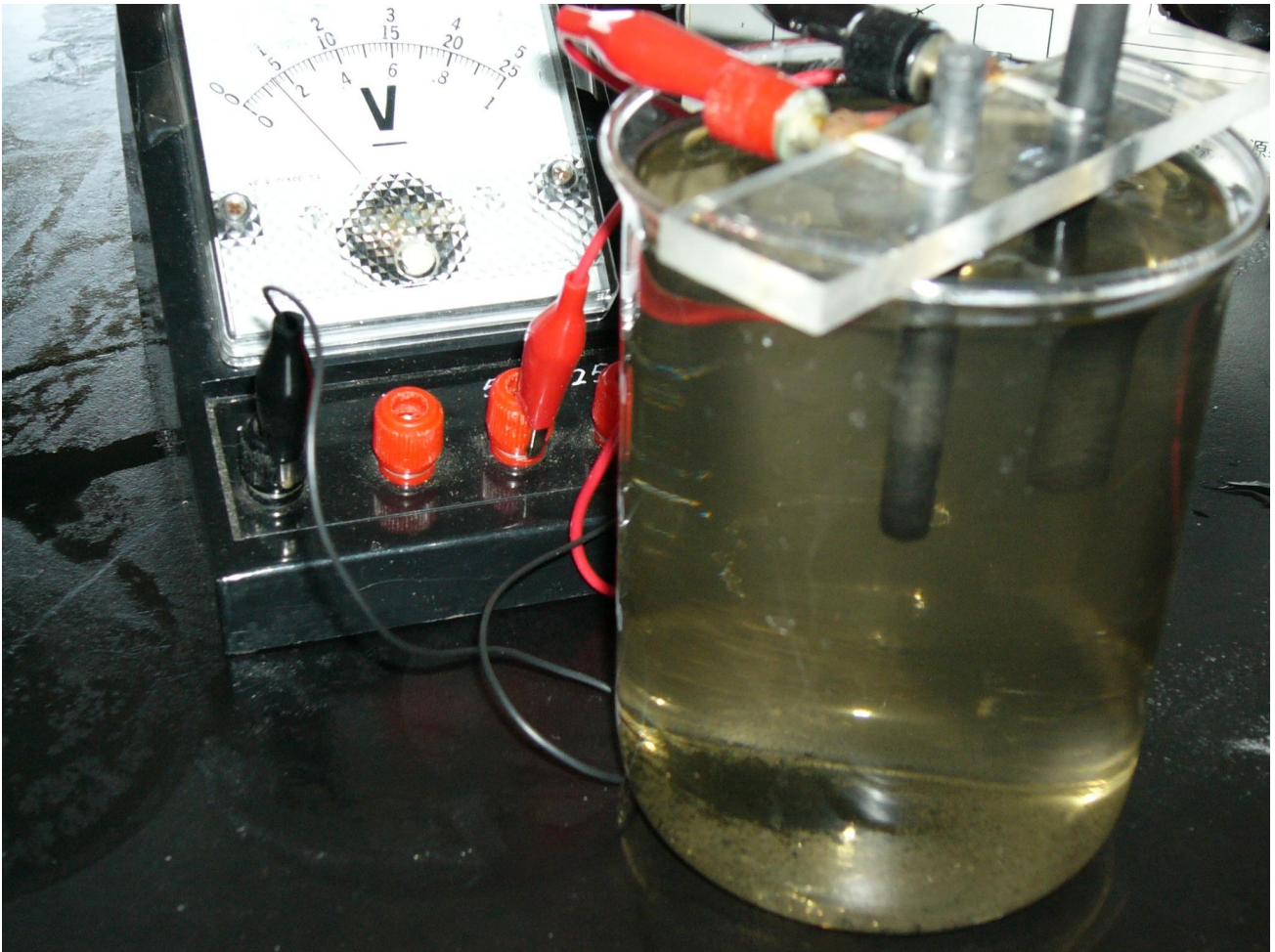
圖一 在研究三、研究四的實驗中加入合成清潔劑後測量的情形



捌、結論

- 一、由研究一的實驗結果得知，電解所產生的氫氣與氧氣確實可以透過電解質水溶液、以及電極棒與之接觸的情形下，進行化學反應產生電能，過程中低噪音、無污染，的確是未來值得開發與研究的綠色環保能源。
- 二、由研究二的實驗結果得知，外界供應電源的電壓越大、通電時間越久，以及電極棒在液面下與氣體接觸的面積越大時，均有利於燃料電池電壓的提升，以及電壓下降時間的增長，可能是因為電解產生的氣體較多的緣故。
- 三、由研究三的實驗結果得知，使用電極的材料也會影響電池的電壓，若電極材料為 4B 時效果比 2B、H 來的好，可能是因為石墨的純度較高，使電極棒的導電性較優，但吸附性似乎也提升了，原因不明尚待查證。
- 四、每次加入鋁箔片時，電壓都會提升。所以燃料電池要維持電壓大小之穩定時，可藉由不斷提供氫氣或氧氣的方式，即可再度恢復電池的電力。
- 五、由研究三的實驗中發現，1M 氫氧化鈉水溶液與鋁箔片產生氫氣的效率與能源轉換率似乎比 1M 鹽酸來的好。由於鋁是兩性金屬，與酸和鹼皆可產生氫氣，但為何與鹽酸相同濃度時，反而與氫氧化鈉反應較激烈、產生的效果較好，是本實驗令人覺得好奇之處。
- 六、由研究四的實驗結果得知，添加合成清潔劑產生泡沫後，可以使產生的氣體不會馬上大量溢散並包住氣體，也增加了電極與氣體接觸的機會，所以使電壓的穩定性提高。也許密閉性的容器也有類似的效果，有待以後進一步的研究。
- 七、本實驗後偶然中發現，作過實驗的碳棒（實驗試碳棒或鉛筆心）在放置一段時間後，再重複進行實驗時，竟然尚有殘餘的電力，可能是因為氧氣及氫氣皆有部分殘餘吸附於正、負極上。
- 八、由研究三、研究四中，取 4B 碳棒做為電極重複進行實驗，數據已有些許改變，可能與部分氫氣或氧氣殘餘在碳棒上有關。
- 九、本實驗皆使用碳棒做為電極，溶液中會有不明物體沉澱的情形，疑似碳棒上的碳脫落，如下圖二所示。
- 十、本實驗的電解質溶液、鹽橋皆使用硝酸鉀水溶液、電極種類皆使用碳棒。是否其他溶液、不同溶液的濃度、其他電極棒材質等因素也會影響到燃料電池的電力情形，有待以後進一步的研究。
- 十一、本實驗皆以燃料電池的電壓做為觀察的目標，電池的電流密度（燈泡或其他電器的使用情形）、電池的實際使用的壽命等皆未做更進一步的探討，是未來要努力研究的方向。

圖二 本次實驗中使用碳棒做為電極，溶液中疑似碳棒上的碳脫落的情形



玖、參考資料及其他

- 一、康軒文教事業股份有限公司，國中自然與生活科技二下，台北，康軒文教事業股份有限公司，2004。
- 二、瀧川洋二、山村紳一郎編著；王蘊潔譯，66 個挑戰創意的科學實驗，初版，台北，世茂出版社，2003。

評語

查

努 -

片