

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

第二名

031619

即產即用製氫瓶

學校名稱：高雄縣立鳳西國民中學

作者： 國二 盧秉彝 國二 林子耕	指導老師： 劉百清
---------------------------------	------------------

關鍵詞： 氧能燃料電池、即產即用、氫氣

※ 即 產 即 用 製 氫 瓶 ※

摘 要

爲因應世界性的能源短缺，尤其是定製型發電機、電動機車、3C 電力……等的能源供應問題，本研究首先針對氫能經濟的優、缺點和燃料電池的發展現況，作一分析討論，接著探討氫氣在一般實驗室中常用的製造方法，且在排除電解法用於本裝置的可能性之後，試圖研發出一種可重複使用的「即產即用製氫裝置」，以作為車用燃料電池的氫氣來源。

壹、 研究動機：

今年的國際原油價格就像一頭脫韁的野馬一樣，一路飆升到每桶一百多美元，嚴重影響了許多國家的經濟發展和人民生活！尤其值得注意的是，許多專家曾提出類似的警告：「以目前的蘊藏量和開採速度來推算，全世界的石油將在未來的 40~50 年用盡！」這是一個非常嚴重的警訊，因爲能源是一個國家的工業之母，尤其是台灣更有高達百分之九十八以上的能源仰賴進口，缺乏能源，許多現代人的必需品例如交通運輸工具將會完全停擺，面對這樣的情勢我們實在應該賦予高度的重視，未雨綢繆提早做好因應之道，積極研究並開發具有潛力的替代能源！於是我們在老師的指導下開始了這次的研究。

貳、 研究目的：

- 一、探討氫能經濟的優、缺點，並比較各種儲氫裝置。
- 二、研究目前燃料電池的發展情形、問題和瓶頸。
- 三、研發一套即產即用型製氫裝置。
- 四、測試本創新裝置的實際運轉情形。

參、 研究設備及器材：

上皿天平、不同濃度的鹽酸溶液、鎂帶、鈣粒、鋁塊、小鐵塊、塑膠瓶、塑膠開關、施敏打硬黏膠、熱熔槍、熱熔膠、火柴或打火機、塑膠板、砂紙、附側管錐形瓶、水槽、量筒、橡皮塞、碼表或手機計時器、快乾黏膠。

肆、 研究過程：

一.探討氫能經濟的優、缺點。

(一) 氫能經濟的優點

「氫氣」是一個國家的化學譜中最重要的物質之一，像美國氫氣的產量在第二次世界大戰以後，每年增加約 15%，而目前全世界的氫產量，估計將近 100 兆立方呎，其中超過三分之一就是在美國生產的。

氫氣不像礦物燃料本身是一種資源，而是一種具有高度柔韌性的能量載體；其再生所需的時間相當短，以氫為燃料的最大優點是它可以幾乎無污染地燃燒成水，而實驗也已經證明能將標準的汽油引擎轉變成以氫氣為燃料來使用，另外在太空工業方面，以液態氫為動力的飛行器約可增加航程二至三倍，因為液態氫每單位質量所含的能量約為傳統的碳氫燃料的二又二分之一倍。

(二) 氫能經濟的缺點

氫能經濟的主要缺點是「儲存問題」，氫氣的來源，除了利用高壓氫氣鋼筒直接供應之外，另外就是利用「液態氫」，不過由於氫氣極不容易液化，想得到液態氫，必須將氫氣降至極低的溫度再加上極高的壓力，除了成本很高之外，技術上也相當困難，因此液態氫一般只用於火箭、太空梭…等比較特殊的地方。想利用高壓鋼筒作為氫氣來源，其主要的缺點有二：1、鋼筒要做得非常堅固，因此導致鋼筒本身非常笨重，搬運操作不易。2、一般物質其氣態時體積為液態的一千倍以上，因此即使儲存了非常高壓的氫氣，其莫耳數也非常少。例如常溫下以 25atm（大氣壓力）高壓儲存的 100 公升氫氣，其質量才區區的 200 公克左右而已。經過以上的探討、分析之後，我們發現：想利用「高壓氫氣鋼筒」，或「液態氫」作為氫氣的來源，在一般使用氫氣焰的工廠或太空產業方面，比較有利用的空間及價值；如果想利用在一般的交通工具上，就會有一些不易解決的困難需要去克服。

二、燃料電池的原理和我國目前發展情形〈文獻〉

1. 燃料電池的原理

燃料電池之基本原理如下圖 1 所示，它的基本原件是兩個電極夾著一層高分子薄膜之電解質，陰陽兩極，除碳粉外也包含白金粉末，以達到最佳的催化作用。

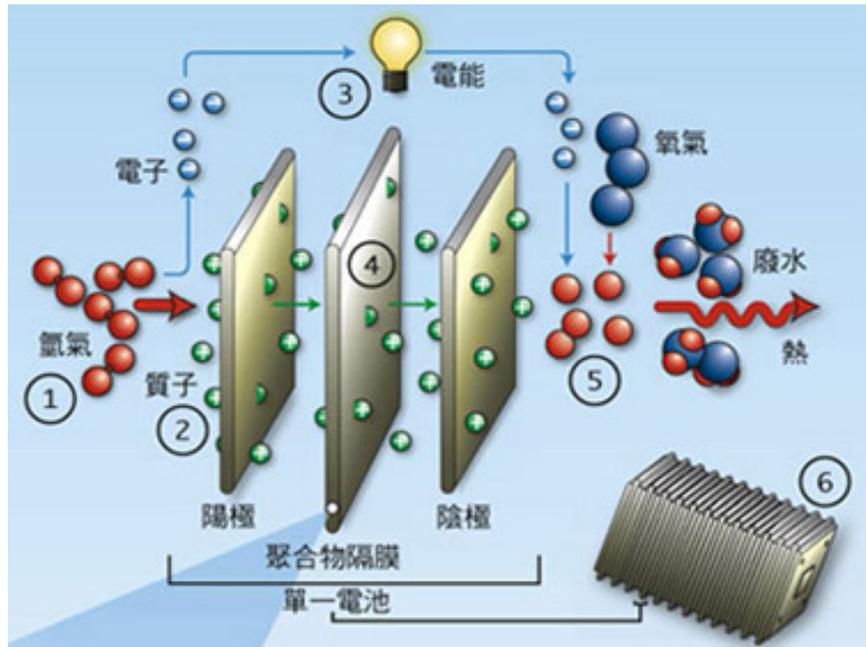


圖 1. 燃料電池示意圖

陽極：

氫分子氣體輸至多孔之陽極後，經過質傳到達陽極，於催化下分解反應：



電子由陽極導致外接電路，形成電流。而氫離子也由陽極端，透過可導離子性質（電子絕緣體）之高分子薄膜電解質，抵達陰極。

陰極：

空氣輸至陰極，氧氣分子質傳至陰極，與電子及氫離子起電化反應，而產生水及 1.229 伏特之電壓。反應如下：



2.國內燃料電池的發展情形

近幾年來，由於燃料電池（Fuel Cell）技術創新突破，再加上環保問題、能源不足等多重壓力下，國際間政府、汽車、電力、能源產業等單位，漸漸重視燃料電池科技的發展，而國內也處於相同情況。

台灣最早期從事燃料電池研究及推廣單位，是經濟部能源委員會及工研院能資所，但其研究均屬小規模。最近幾年，各有關單位相繼擴大投入的規模，例如台灣經濟研究院於 2002 年完成第四代燃料電池，量產應用於電動機車，其機車最終目標為：極速 85km/hr、續航力 160km、總重量 100 公斤以下，換氫氣罐時間五分鐘內。

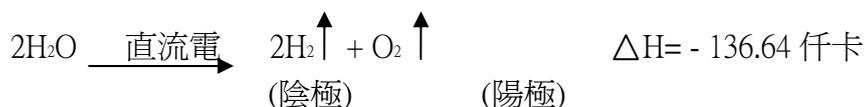
三、尋找對策：

經過以上氫能經濟和燃料電池的文獻探討之後，我們已經對「氫」在能源使用和燃料電池上所扮演的重要角色有了一些初步的瞭解，另外，我們也想知道一般實驗室的製氫方法，以作為設計「即產即用型製氫裝置」的重要參考。

事實上，在實驗室裡就有一些方法可以很便利地製備少量的氫氣。

(一) 經由水的電解：

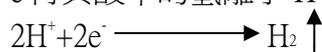
一般常用的方法是以直流電 DC 通過加有少量硫酸 H_2SO_4 (或氫氧化鈉 $NaOH$) 的水中，其反應如下：



此反應主要缺點是需要很大的能量。

(二) 利用活性稍大的金屬與酸性溶液反應：

其化學原理是活性大的金屬可放出電子變成帶正電的金屬離子，這些被釋放的電子 e^- 再與酸中的氫離子 H^+ 結合成氫氣 H_2 。



而氫氣的反應速率則與金屬的活性大小有密切的關係。

四、發現問題：

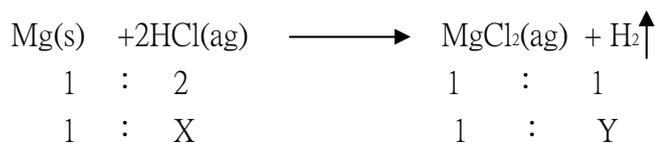
上述兩種實驗室的製氫方法，如果想運用在交通工具上，將會有一些問題極待克服，例如在(一)的電解水方法中，必須由外界提供很高的電能，將水電解成氫氣與氧氣，如果交通工具本身已具備這麼大的能量，那麼直接加以利用就可以了，何必多此一舉。(二)利用活性大的金屬與酸反應製造氫，此方法似乎較為可行，不過必須給予適當的設計才能達到「即產即用」的目標，否則如果像一般實驗室的作法，直接將活性大的金屬投入酸液中，其化學反應會一直持續到其一種反應物耗盡為止，無法任意控制氫氣製出的產量與速度。

五、化學計量：

我們接著又從理論方面探討「利用活性大的金屬與酸液製造氫」的可行性，在「反應物篩選」方面，我們所選擇的「活性大的金屬」是鎂 Mg ，主要理由有二，其一：鎂的原子量只有 24.3，密度小，可滿足我們「用最少質量的金屬製出最多

的氫」的期待。其二：鎂的活性在金屬中算是蠻大的，可在短時間內製出大量的氫氣，由金屬活性表：K>Na>Ca>Mg>Al>C>Zn>Fe>Pb>Cu>Hg>Ag>Au 可看出，金屬活性大於鎂又容易儲存的金屬並不多。另外，我們選擇的「酸性溶液」則是鹽酸 HCl(aq)，也有廉價、易取得、分子量小的諸多優點。

以下是這兩種反應物的化學計量過程：(反應條件：24.3g 的鎂帶和重量百分濃度 25% 的鹽酸水溶液)



$$1 : 2 : 1 = 1 : X : Y$$

$$X=2(\text{mole}) \quad Y=1(\text{mole})$$

$$\text{HCl 分子量}=36.5$$

$$\text{HCl 溶液質量} : 2 \times 36.5 \div 25\% = 292(\text{g})$$

$$\text{H}_2 \text{的分子量}=2$$

$$\text{氫氣的質量} : 1 \times 2 = 2(\text{g})$$

也就是說，取 24.3g 的鎂帶與重量百分濃度 25% 的鹽酸溶液 292g 反應可產生 2g 的氫氣(一莫耳)，這些 2g 的氫氣在 S.T.P(標準狀況：0°C、一大氣壓)下，體積為 22.4l=22400ml，若是在溫度 25°C 時，體積則為 $22,400 \times (273.15+25)/273.15$ 近似於 24,450(ml)，相當可觀！

六、初步實驗：

經過了「反應物篩選」和「化學計量」兩個研究過程之後，我們又針對「鎂帶製氫」的實驗做初步的觀察測量與探討，以作為我們設計「即產即用製氫裝置」的重要參考。

※ 實驗一：鎂帶製氫實驗

實驗目的：觀察鎂帶與稀鹽酸的反應情形。

實驗器材：鎂帶(10cm)、試管一支、橡皮塞、玻璃管(約 10 公分)、稀鹽酸(1M、200ml)、燒杯(100ml)1 個、肥皂水 50ml、線香一枝。

實驗步驟：

- 1.將鎂帶置入裝有 20ml 的 1M 鹽酸試管中。
- 2.觀察管內有何現象發生並記錄之。
- 3.將步驟 1 的試管套上含橡皮管的橡皮塞，將產出的氣體通入肥皂水中，待氣泡飄上來時，將點燃的線香靠近氣泡，觀察會有什麼反應。



圖 2. 分工合作

七、進階實驗：

在初步實驗中，我們已經觀察了鎂帶與稀鹽酸的反應過程，並且測試了氫氣的燃燒情形，但是，對於鹽酸濃度與氫氣製造速度之間的關係卻是一無所知，因此，我們又進行了以下的進階實驗。

※ 實驗二：製氫速率實驗

實驗目的：探討鹽酸濃度與製氫速度之關係。

實驗器材：鎂帶(50cm)、砂紙、附側管錐形瓶、橡皮管、橡皮塞、不同濃度(3M,2M,1M,0.5M)的稀鹽酸各 40ml、量筒(100ml)1 支、水槽、碼表或手機計時器。

實驗步驟：

1. 取 1M 的稀鹽酸 40ml 放入附側管錐形瓶中，將水槽裝水約 2/3 滿備用。
2. 將量筒置入水槽中充滿水，倒立於水槽中，取一支橡皮管一端連結錐形瓶，另一端置於充滿水的量筒中。
3. 取 10 公分鎂帶，放入附側管錐形瓶中，迅速蓋上橡皮塞，利用排水集氣法收集氫氣，並且以手機計時器開始計時。
4. 另取 10 公分鎂帶，以砂紙將表面磨光，放入附側管錐形瓶中，迅速蓋上橡皮

塞，以手機計時器開始計時。

5. 每收集到 20、40、60、80、100ml 的氫氣時，即按一次手機計時器測量時間，將結果記錄下來。
6. 取 3M、2M、0.5M 不同濃度的稀鹽酸 40ml，重覆上述步驟 4~5。



圖 3. 以倒置的量測驗氫氣體積



圖 4. 將砂紙磨光



圖 5. 以手機計時

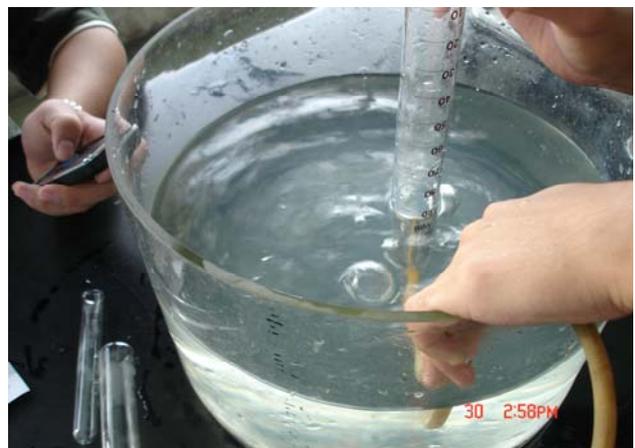


圖 6. 以鎂帶製取氫氣

另外，活性比鎂還大的鈣 Ca 其製氫速率又是如何？這也是我們很想知道的一件事，以下是我們的利用鈣粒製氫的實驗過程

※ 實驗三：鈣粒製氫實驗

實驗目的：探討鈣粒與鹽酸的製氫速度。

實驗器材：鈣粒一瓶、100ml 量筒一支、橡皮塞、不同濃度(3M,2M,1M,0.5M)的稀鹽酸各 40ml、燒杯(100ml)1 個。

實驗步驟：

1. 取 1M 的稀鹽酸 40ml 放入附側管錐形瓶中，將水槽裝水約 2/3 滿備用。
2. 將量筒置入水槽中充滿水，倒立於水槽中，取一支橡皮管一端連結錐形瓶，另一端置於充滿水的量筒中。
3. 取 800mg 鈣粒，放入附側管錐形瓶中，迅速蓋上橡皮塞，利用排水集氣法收集氫氣，並且以手機計時器開始計時。
4. 每收集到 20、40、60、80、100ml 的氫氣時，即按一次手機計時器測量時間，將結果記錄下來。
5. 取 3M、2M、0.5M 不同濃度的稀鹽酸 40ml，重覆上述步驟 3~4。



圖 7. 以上皿天平稱取鈣粒



圖 8. 鈣粒製氫實驗

八、面臨考驗：

經過以上兩次的實驗之後，我們觀察到了利用鎂帶、鈣粒和鹽酸反應之後的快速製氫過程，不過這種製氫方法如上所述是屬於一種無法控制的反應，顯然不符合我們的需求，我們所需要的製氫方式是一種「即產即用」的方式，也就是說需要氫氣時，立即大量製造；不用氫氣時，必須快速停止化學反應，以節省大量儲氫空間。

九、創新的設計

經過了多次的分析和討論之後，我們終於為「即產即用製氫裝置」找到了最佳的解決方案，請參閱下方圖 9 所示，本創新設計的工作原理如下：為了可以重複使用，本製氫裝置的兩種反應物採用了「可更換」的設計，其中鎂帶(Mg)是置

於中央反應槽上方，以防震器作為支撐架，防震器則留有許多防震動孔。反應槽上方為氫氣(H₂)出口，設置有出氣閥門以控制氫氣的流量，閥門下方則以出口旋蓋將氫氣出口與反應槽緊密地結合在一起，反應槽下方留有許多小孔，可以讓儲酸槽中所儲存的鹽酸(HCl)流入反應槽中，儲酸槽也有設置防震器，其位置較反應槽中的防震器還高，儲酸槽上方適當位置設有補充口，可將鹽酸(HCl)注入儲酸槽中，另外儲酸槽側面下方則設有廢液排放口可讓作用完畢的氯化鎂(MgCl₂)流出。

當製氫工作準備開始時，將儲酸槽側方的廢液排放口關閉，打開反應槽的出口旋蓋把鎂帶放在防震器上方，再將旋蓋旋緊，並打開出氣閥門和補充口的旋蓋，將鹽酸由補充口注入，直到與反應槽的防震器高度相等為止，然後將出氣閥門關閉，再繼續由鹽酸補充口加入鹽酸，直到與儲酸槽的防震器等高為止，最後將補充口護蓋旋緊備用。

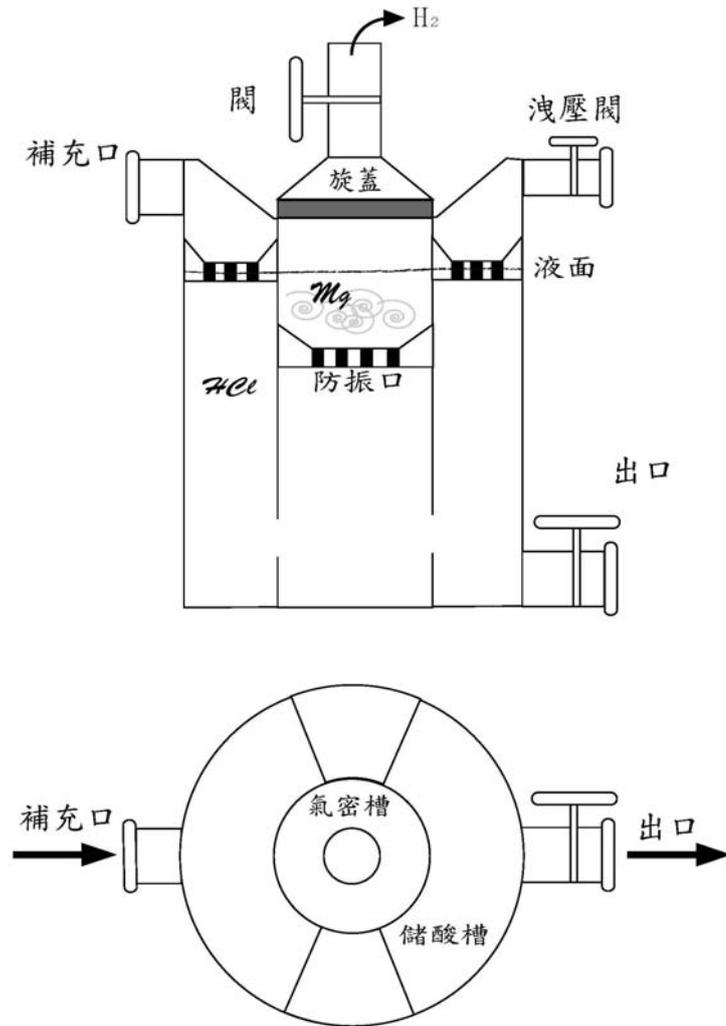


圖 9. ↑ ↑ 側視圖 ↑ 上視圖



圖 10. 就地取材



圖 11. 製作中央反應槽



圖 12. 在中央挖洞



圖 13. 組裝

製氫工作開始進行時，先打開出氣閥，此時儲酸槽中的鹽酸因為總壓力(大氣壓力+液體壓力)較大，部分鹽酸會由反應槽下方的小孔流入反應槽，並由反應槽的防震動口進入反應槽上方，與鎂帶開始起化學反應。若氫氣製造速率超過需求量，按照理想氣體方程式 $PV=nRT$ ，則氣體將會產生較大的壓力逼迫部分鹽酸退回防震器下方而減緩、停止反應；當氣體需求量增加時，鹽酸又再度回到防震器上方與鎂帶反應產出氫氣，此種過程反覆不斷進行，直到反應物用完為止。

十、創新設計的實驗：

為了驗證本創新設計是否能夠達到預期的目標，我們將製作完成的模型帶到實驗室，進行了一次模型實驗。

※實驗四：模型測試

實驗目的：觀察本創新製氫裝置的反應情形。

實驗器材：製氫裝置一組、鎂帶(10cm)、稀鹽酸(1M、200ml)、漏斗。

實驗步驟：

1. 關閉儲酸槽側方的廢液排放口，打開反應槽的出口旋蓋把鎂帶放在防震器上方，再將旋蓋旋緊。
2. 打開出氣閥門和補充口的旋蓋，將鹽酸由補充口注入，直到與反應槽的防震器高度相等為止，關閉出氣閥門。
3. 繼續由鹽酸補充口加入鹽酸，直到與儲酸槽的防震器等高為止，最後將補充口護蓋旋緊備用。
4. 打開出氣閥門，觀察氫氣的產生情形。
5. 關閉出氣閥門，觀察液面下降和氫氣停止製造情形。

伍、研究結果

表 1 和圖 14 為在相同實驗條件下，鎂帶沒有用砂紙磨過與有磨過的製氫速率比較情形。

實驗條件：HCl 2M 40ml；Mg 10cm

時間(秒) 氫氣體積	沒磨過	有磨過
20ml	14.29	10.75
40ml	19.75	15.88
60ml	22.83	21.35
80ml	28.49	27.53
100ml	35.98	35.32

表 1.

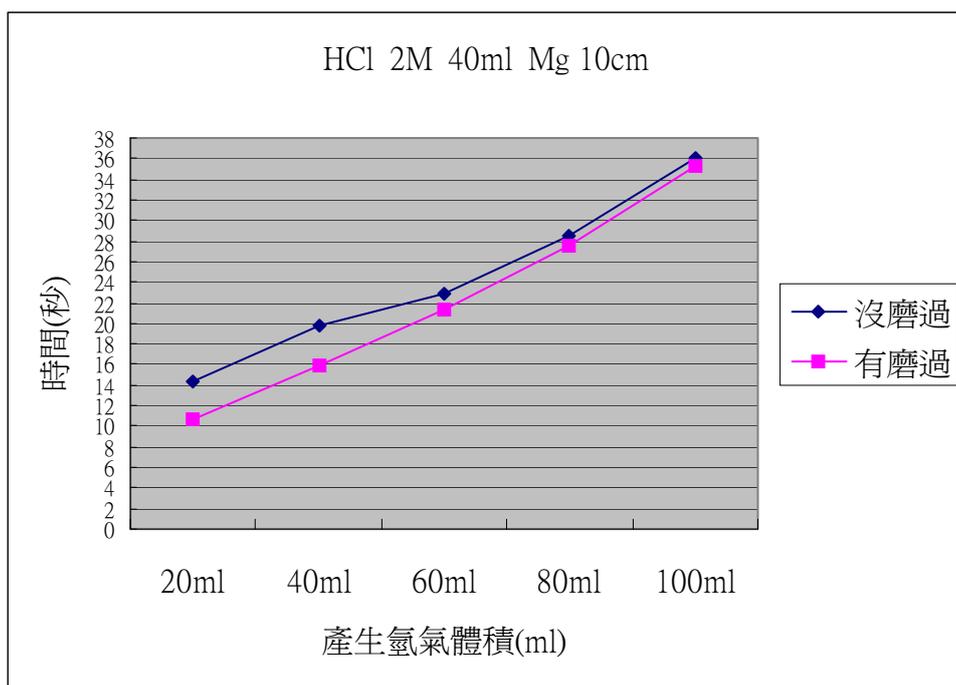


圖 14.產生相同體積的氫氣所需時間

以下表 2、圖 15 為利用不同濃度的 HCl 和鎂帶(10cm)製出相同體積的氫氣所需時間之實驗結果。

	HCl 0.5M	HCl 1M	HCl 2M	HCl 3M
時間(秒)20ml	75.70	61.34	10.75	4.17
時間倒數(1/秒)20ml	0.013	0.016	0.093	0.240
時間(秒)40ml	133.82	101.13	15.88	5.09
時間倒數(1/秒)40ml	0.008	0.010	0.063	0.197
時間(秒)60ml	190.79	141.38	21.35	6.37
時間倒數(1/秒)60ml	0.005	0.007	0.047	0.157
時間(秒)80ml	258.75	189.69	27.53	7.89
時間倒數(1/秒)80ml	0.004	0.005	0.036	0.127
時間(秒)100ml	350.41	266.69	35.32	11.15
時間倒數(1/秒)100ml	0.003	0.004	0.028	0.090

表 2.

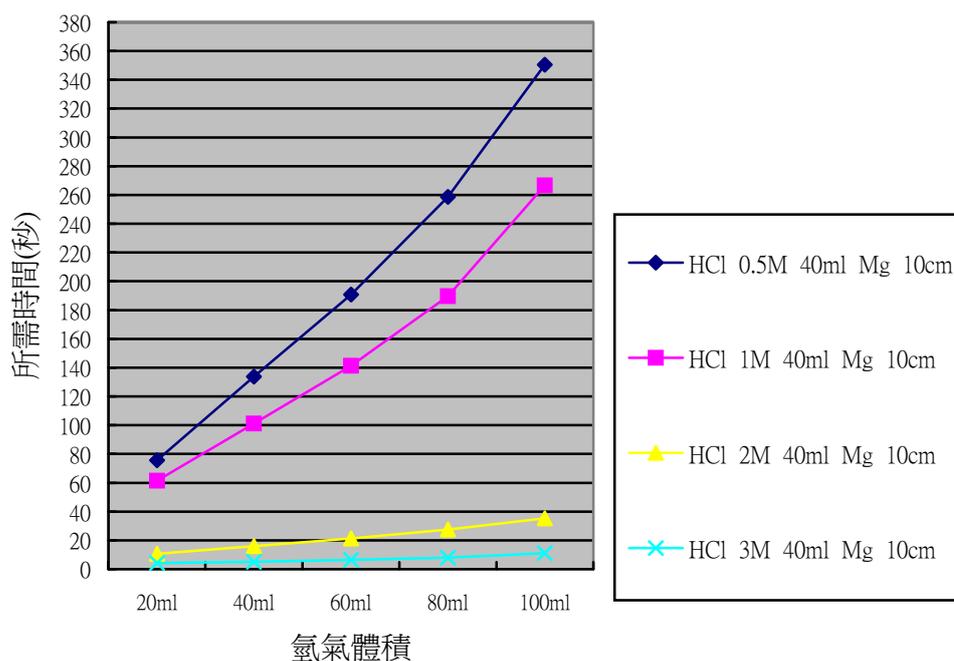


圖 15. 不同的 HCl 濃度下，氫氣體積和所需時間之關係圖

以下表3和圖 16 為利用不同濃度的 HCl 和鈣粒製出相同體積的氫氣所需時間之實驗結果。

	0.1M HCl	0.5M HCl	1M HCl
時間(秒)20ml	10.03	4.35	2.17
時間倒數(1/秒)20ml	0.10	0.23	0.46
時間(秒)40ml	12.52	6.03	3.77
時間倒數(1/秒)40ml	0.08	0.17	0.27
時間(秒)60ml	14.18	7.19	4.62
時間倒數(1/秒)60ml	0.07	0.14	0.22
時間(秒)80ml	16.22	8.24	5.63
時間倒數(1/秒)80ml	0.06	0.12	0.18
時間(秒)100ml	18.16	10.05	6.69
時間倒數(1/秒)100ml	0.06	0.10	0.15

表 3.

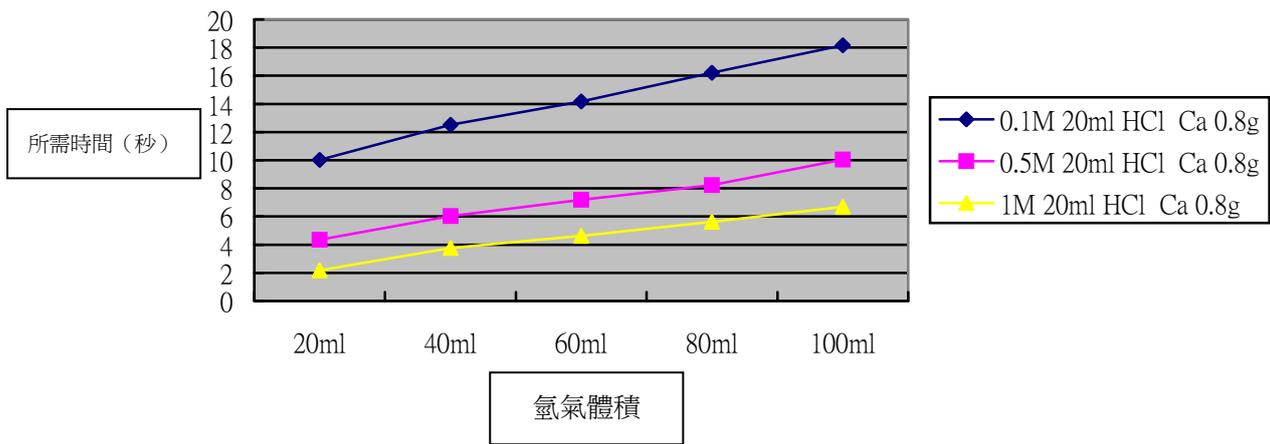


圖 16 不同的 HCl 濃度下，氫氣體積和所需時間之關係圖

表 4.和圖 17 為取 10cm 的鎂帶和 0.8g 的鈣粒與 20ml 1M HCl 作用的製氫速率比較結果。

	20ml	40ml	60ml	80ml	100ml
20ml 1M HCl Mg 10cm (秒)	61.34	101.13	141.38	189.69	266.69
20ml 1M HCl Ca 0.8g (秒)	2.17	3.77	4.62	5.63	6.69

表 4

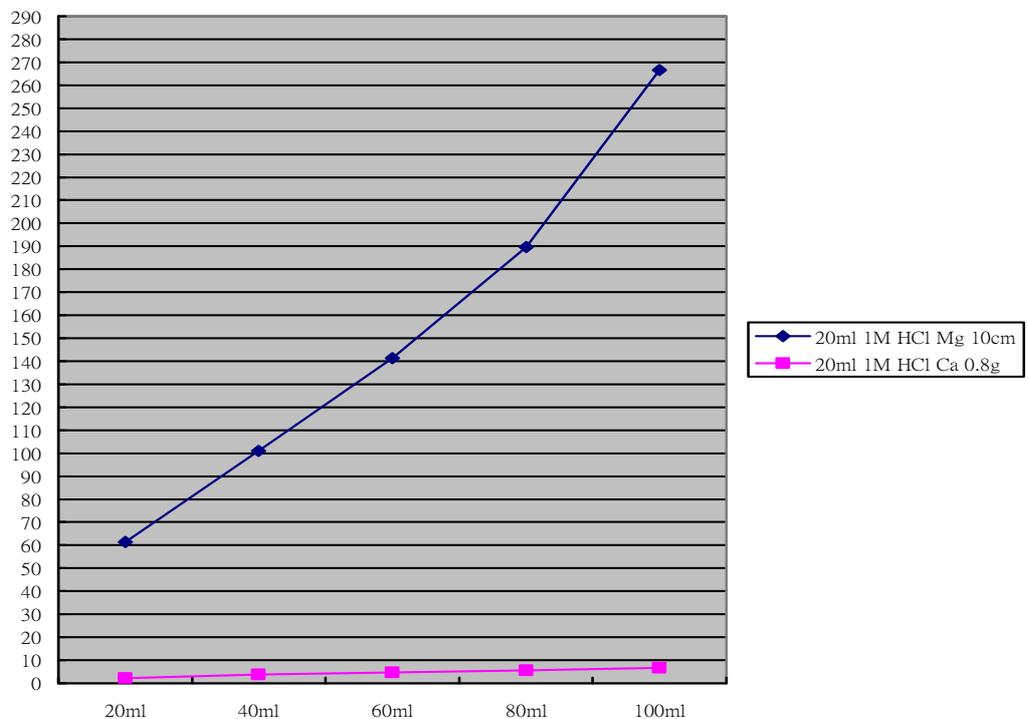


圖 17

根據表 2.製出圖 18.和圖 19.

不同濃度的 HCl 和鎂帶作用產生同體積(20ml)的氫氣之速率比較圖

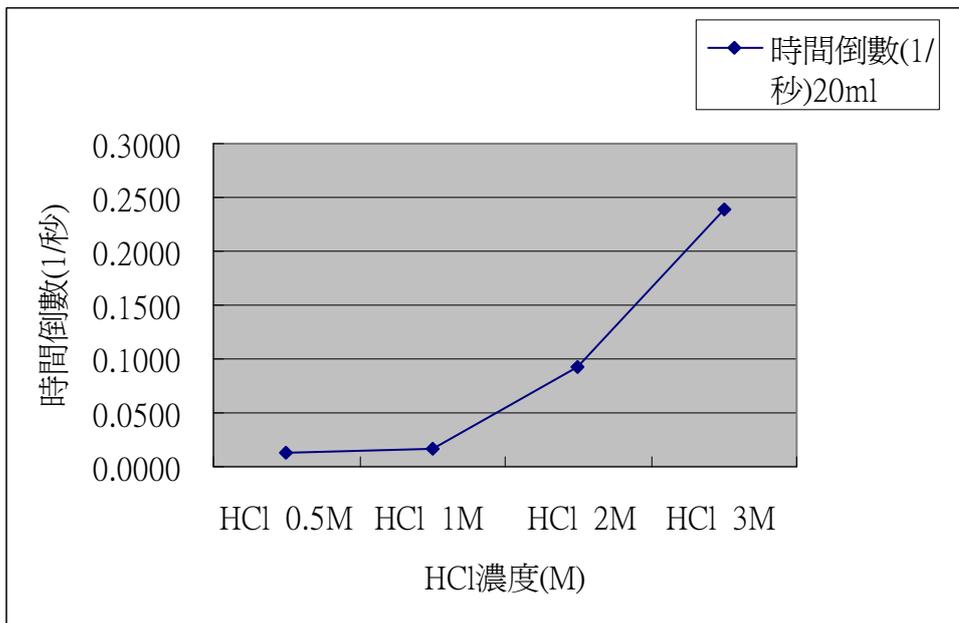


圖 18

不同濃度的 HCl 和鎂帶作用產生同體積(100ml)的氫氣之速率比較圖

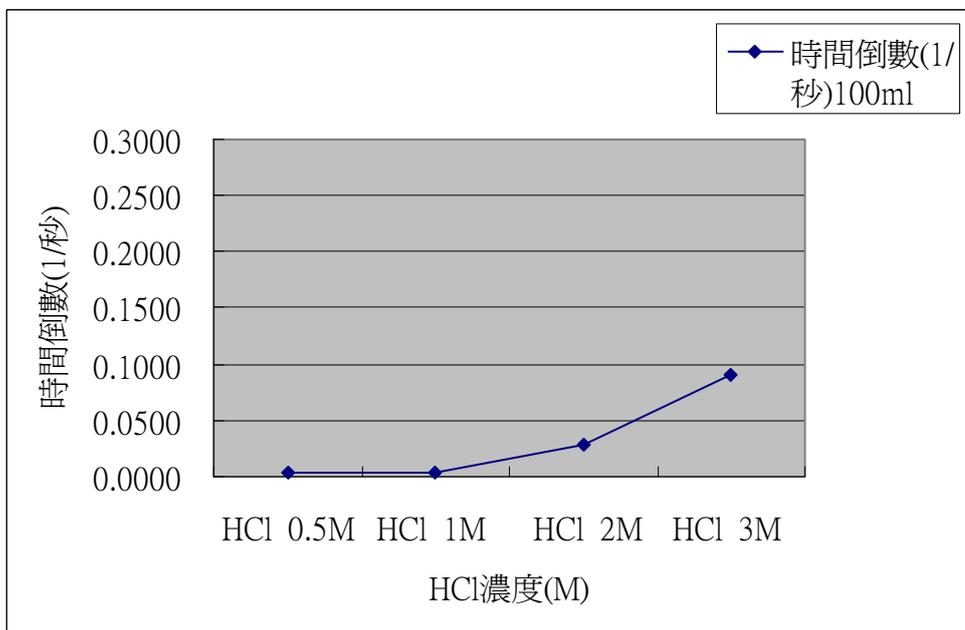


圖 19

另外，我們發現鎂帶的面積在實驗中急遽減少，是否會對實驗結果產生影響？經由再度探討後，我們修改實驗設計，將鎂帶改成二十公分，減少鎂帶體積對實驗速率的影響。

1M HCl Mg 20cm

產生氣體體積	時間(秒)	時間倒數(1/秒)
20ml	5.05	0.198
40ml	8.45	0.118
60ml	14.03	0.071
80ml	20.7	0.048
100ml	28.88	0.035

2M HCl Mg 20cm

產生氣體體積	時間(秒)	時間倒數(1/秒)
20ml	2.7	0.370
40ml	4.19	0.239
60ml	7	0.143
80ml	10.25	0.098
100ml	13.98	0.072

3M HCl Mg 20cm

產生氣體體積	時間(秒)	時間倒數(1/秒)
20ml	1.21	0.826
40ml	1.68	0.595
60ml	2.42	0.413
80ml	3.27	0.306
100ml	4.76	0.210

表 5. 為修改後實驗結果圖表

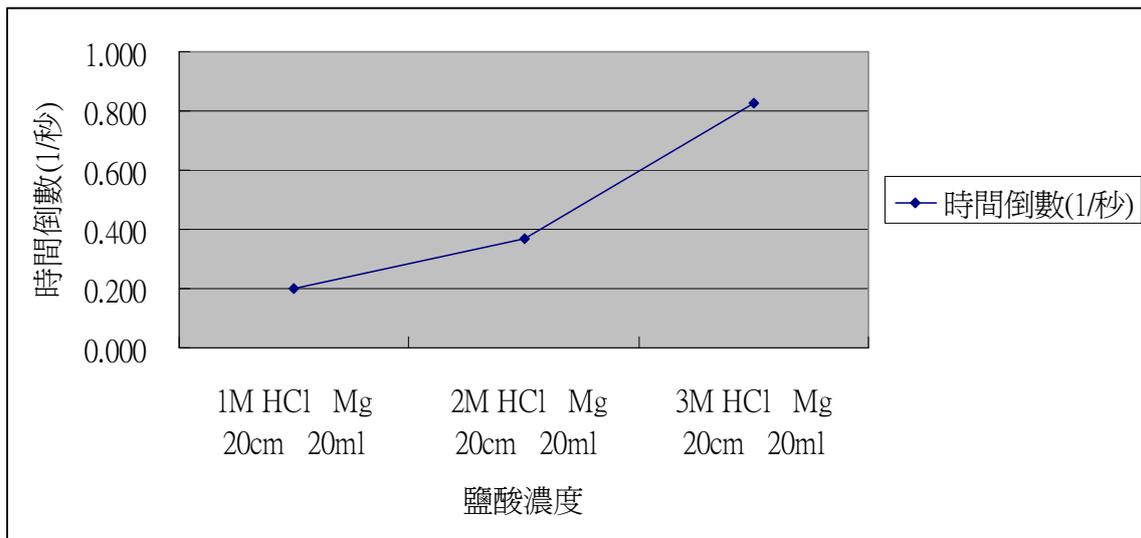


圖 20. 對照組實驗情形 (20ml)

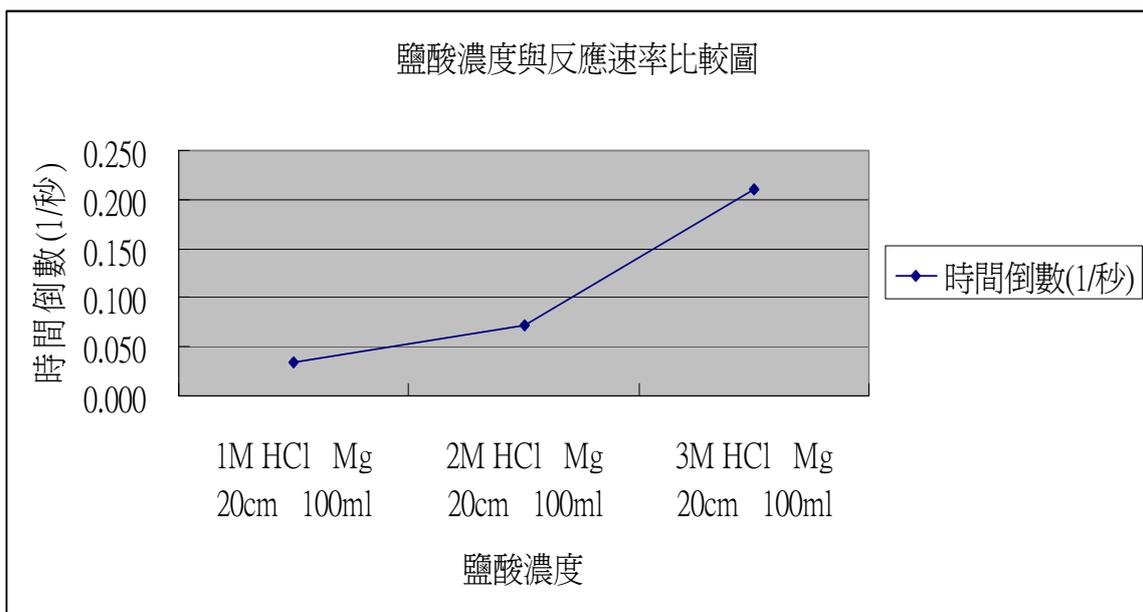


圖 21. 對照組實驗情形 (100ml)

<下表為本創新設計的實驗情形>

觀察項目	結果
產生氣體反應情形	迅速的產生氫氣
液面下降情形	有下降
溫度變化情形	放熱反應

表 6.

陸、分析與討論：

1. 鎂帶的處理方式與鹽酸作用情形如何？

由表 1.和圖 14 可看出，如果實驗的鎂帶沒有先用砂紙或鹽酸之類的物質作除鏽處理，由於鎂的活性很大，外面通常都包覆著一層氧化層，則實驗開始以後要等上一段時間，金屬部分的鎂才會開始與鹽酸起反應，造成時間延後(delay)的現象發生，若是先將鎂帶外層的鏽斑除去，則幾乎立即與鹽酸反應產生氫氣，且產生的氫氣體積與經過時間成正比的關係。

2. 鹽酸濃度與產生氫氣的速度有何關係？

由表 2.和圖 15 可看出，若鎂帶的質量保持一定，則當鹽酸濃度在 4M 以上時，產生氫氣的速率超快，用我們設計的實驗方式很難準確測量氫氣的體積，濃度在 3M 到 2M 時，產生氫氣的速率較為溫和，可對產生的氫氣體積做較精密的測定，濃度若在 1M 以下時，要製備 100ml 的氫氣竟然超過 266 秒，產生的氫氣速率似乎太慢，

可能無法滿足本製氫裝置的需求。由圖 18 和圖 19 也可看出製氫速率與鹽酸濃度並不成線性關係，經過我們詳細討論之後，我們懷疑是因為鎂帶在反應進行時，體積和表面積急遽減少，因而影響實驗結果。於是我們修改了我們的實驗，將鎂帶長度改為 20cm，以降低反應面積減少的影響，但實驗過後我們發現結果並沒有太大的變化，其間原因仍待我們繼續探討。此外，根據圖 20.和圖 21.，我們發現鎂帶反應的體積嚴重影響了反應的速率。

3.其他金屬與鹽酸作用情形如何？

除了鎂帶之外，我們也利用鈣粒、鐵釘、小鋁塊作測試，實驗顯示這些金屬中鈣粒製氫速度比鎂帶快(請參考表 3.表 4.和圖 16 圖 17)，鐵釘最慢，鋁的活性雖然相當大，但外表常有一層緻密的氧化層，嚴重影響了製氫的速率。

4.本實驗中產生氫氣的速率如何測定？

我們利用排水集氣法來蒐集氫氣，再用量筒的刻度來固定產生的氣體量(20ml、40ml、60ml、80ml、100ml)，然後以碼錶計時，再將測得時間以倒數表示反應速率。

我們剛開始想用一般的碼表來記錄時間，以測量氫氣產生的速率，但經過實際操作之後，發現難以應付較快的反應，後來改用手機的碼表功能來測量時間，此問題立刻迎刃而解。

5.還有那些問題需要加以克服？

此種製氫方法屬於放熱反應，錐形瓶中的溫度相當高，有可能讓鹽酸溶液中的 HCl 氣體逸出，是否會對燃料電池造成負面的影響，值得作進一步探討。

柒、結論：

1. 爲了因應全球性的能源短缺問題，尋找替代性能源可說是勢在必行，其中最具有潛力的替代性能源解決方案是氫能和燃料電池。
2. 發展氫能經濟最重要的關鍵是「氫氣的儲存和取得」，如何取得廉價的氫氣來源和儲存裝置，正考驗著科學家和發明家的智慧，值得吾人積極地加以研究、開發。
3. 氫氣在一般的交通工具中要以液態甚至是固態加以利用，可以說是一件不可能的任務，若要以氣態加以利用，則又要非常高壓儲存，才足夠使用，因此「其產即用」應是非常可行的辦法。
4. 在經過討論、實驗計量計算及實際操作過後，我們發現用鎂帶與鹽酸反應似乎較可能滿足我們「即產即用」的目標。
5. 若使用我們的即產即用製氫瓶來做爲燃料電池的氫氣來源，則因爲此化學反應

為放熱反應，可能會造成部分的鹽酸溶液產生氯化氫氣體 $\text{HCl}(\text{g})$ ，唯恐會對燃料電池本生產生負面的影響，值得再探討。

隨著全球工業及人口之遽增，地球上可用的資源將愈形短缺，因此可重複使用、對環境友善以及能源轉換效率佳之新能源技術，已成為各國工業界及學術界共同追求之目標與興趣。其中燃料電池技術因具備低污染、高能源轉換效率之特性，成為近年來最受矚目的新穎能源供應技術。

捌、參考資料

1. 國中理化第四冊，南一版
2. 大學普通化學
3. 2007 年「推動綠色能源發展系列」會議資料，台灣新能源產業促進協會
4. E. M. Stuve, Fuel Cell Engineering Course Notes, 1998.
5. J. Larminie and A. Dicks, Fuel Cell Systems Explained (John Wiley & Sons, Ltd., 2000), Chapter 4.
6. G.J.K. Acres, Journal of Power Sources, 100, 60 (2001).
7. Ledjeff-Hey and A. Heinzl, J. Power Sources, 61, 125 (1996).
8. P. Gouerec, M. C. Denis, D. Guay, J. P. Dodelet and R. Schulz, J. Electrochem. Soc., 147, 3989 (2000).

【評語】 031619

本作品以目前石油價格高漲及石油儲量耗竭等全球性問題，結合目前熱門的氫氣燃料電池，以金屬與鹽酸反應產生氫氣作為氫氣燃料電池之氫氣來源。活性金屬與鹽酸反應，是化學實驗室製取少氫氣常用的方法，但並不適合用以大量製備氫氣，實用上也不是一種經濟的氫氣來源。本作品比較特別的部分是「即產即用製氫瓶」，具有調控氫氣產量，這是一個有趣的設計。但作品說明書中實驗以三角燒瓶替代「產即用製氫瓶」進行製備氫氣，並沒有對「產即用製氫瓶」製取氫氣多加描述及展示，這是比較可惜的部分。