

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081539

綠色大地---寶特瓶簡易「燃料電池」

學校名稱：雲林縣斗六市鎮南國民小學

作者： 小五 夏有為 小五 張文于 小五 謝嘉鴻 小五 李慧萱 小五 蔡亦婷	指導老師： 林美琴、李評貴
---	------------------

關鍵詞：燃料電池、簡易電池、電壓

寶特瓶簡易「燃料電池」

摘要

「燃料電池」是二十一世紀重要的能源科技，它效率高、噪音低、污染低、進料廣、用途多都是它備受矚目的原因。透過本實驗想了解各項因素對「燃料電池」的影響。我們利用容易取得的寶特瓶進行實驗，實驗內容包括了：找出通電時間、電壓、電極、電解液以及筆芯數目對「燃料電池」所產生的電流與最大電壓的影響，並找出擁有最佳效能的寶特瓶簡易燃料電池。經過實驗與討論發現：(一) 通電時間愈久、充電電壓愈大、筆芯數目愈多時，燃料電池產生的瞬間電壓會愈大，使 LED 發光的時間也愈長。(二) 電極材料：以鉛筆芯作為電極效果最佳，鐵絲次之，鐵筷再次之，美術用炭筆則不導電。(三) 電解液：以運動飲料為電解液可產生最大的電壓；改用食鹽水則可使 LED 發光時間最久。

壹、 研究動機

真是的，我的電池又沒電了，好不容易就要過關了說，居然就在這麼重要的一刻，突然沒電了，真叫人「搥心肝」。啊！到底能不能不必再花錢買電池，就有電池，好讓我玩 Gameboy 呢？神啊！求求你告訴我吧。

咦？「燃料電池」居然有這麼奇怪的電池耶！我好像連聽都沒有聽過耶！更何況怎麼還會有這麼奇怪的東西啊！不管了！只要有免費的電池讓我玩 Gameboy 再怎麼辛苦都無所謂了。走！去問老師，去看看這個奇怪「燃料電池」到底怎麼做呢？嗯，好，出發囉.....。

老師提到「燃料電池」是目前各界熱門研究的議題，且成為備受矚目的新能源。我們對這一個新名詞極為陌生，於是好奇心旺盛的我們決定針對「燃料電池」好好的了解一下，便找了幾個志同道合的同學，配合三下自然「水和我的們生活環境」、四下「電路 DIY」所學到的相關知識，一起來蒐集燃料電池的資料並研究它的特性。

貳、 相關資料的研讀

由於我們對於「什麼是燃料電池」以及「燃料電池的原理」還不太了解，因此蒐集與閱讀相關資料，以下是重點整理：

燃料電池是近年來頗為熱門的話題，常可以在大眾媒體上看到相關的報導。為什麼燃料電池最近會這麼熱門呢？其主要是促進環境問題的解決，與能源資源有效利用有密切的關係。要了解此原因，首先必須對燃料電池有更深一步的了解。

燃料電池技術的原理早在十九世紀就已經發明，一直到 1960 年代才真正運用在航空太空方面上，1980 年代開始進入民生市場的開發，而近幾年由於溫室效應等環境議題的影響，世界各國紛紛投入研究發展，使得燃料電池的發展更加快速且應用方面更加廣泛。

燃料電池，雖然名稱上冠有電池，實際上，燃料電池並非蓄電的裝置。而是一種發電器。它是由電化學反應，自化學能直接產生電能。水中浸入一對電極，其間負載電壓時，正極產生氧，負極產生氫，此為水的電解原理，而燃料電池則只須考慮成相反的反應即可，即由氫與氧產生電。因此，燃料電池與傳統發電方式相較之下，有以下三個特徵：

燃料電池的第一個特徵，首推低公害。燃料電池基本上是氫與氧經電化學反應產生電力之發電器，因此並無火力發電或柴油發電機般之燃燒過程，只產生電力、水及熱而已。

第二特徵則為十分安靜。燃料電池內之氫與氧反應緩慢進行，因此無內燃機所見爆炸現象，而且無產生噪音或振動之可動部份，構成相當安靜之能量變換機器。

第三特徵則為發電效率極高。傳統發電方式，自燃料能源至獲得電力之過程中，經由熱能與動能轉換，每個階段均會有能量損失。燃料電池之理論效率高達 80% 以上，當然此為熱力學導出之理論極限值，現實中仍須考慮各反應伴隨之損失，既使如此，與傳統發電方式相較，其效率仍是高出許多。

因為燃料電池與傳統發電方式相較之下有以上所提的各項優勢，所以燃料電池已成為各國競相發展的重點。以往燃料電池因為技術上的關係和成本過高，造成其在應用層面上有一定的限制。但近幾年因為環境保護方面的問題，再加上石油危機的逼近使得燃料電池變的備受注目。在許多國家紛紛投入研究之後，使其技術不斷改進並且大量生產，成本迅速下降，使得其應用層面更加的廣泛。因此可以預料到的是燃料電池將在二十一世紀佔有相當重要的地位，並對能源的應用造成莫大的改革。

參、 研究目的

- 一、觀察在不同的通電時間與供應電壓大小下，自製的燃料電池對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。
- 二、探討在自製的燃料電池中，不同的電極（鉛筆芯、碳筆、鐵筷、鐵絲），對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。
- 三、探討在自製的燃料電池中，不同的溶液對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。
- 四、探討在自製的燃料電池中，不同數目的 HB 鉛筆芯，對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。
- 五、最後選擇上述實驗中結果比較佳的電極、溶液、通電時間與電池電壓，來製作一個最佳的燃料電池，並量測其電壓大小與 LED 發光時間。

肆、 研究設備及器材

名稱	數量	
電池座（四格、二格）	8 個	
9V 電池	8 個	
3 號電池	60 個	
鱷魚夾	8 組	
寶特瓶	20 個	
瓶蓋（鑽孔）	20 個	
三用電錶	4 個	
LED（發光二極體）	20 個	
碼表	4 個	
量杯 1000ml	4 個	
天平、剪刀	各 4 組	
鉛筆芯、碳筆、鐵筷、鐵絲	各 40 枝	

圖一、準備器材

伍、 研究過程與方法

- 一、研究（一）：觀察在不同的通電時間與供應電壓大小下，自製的燃料電池對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。

實驗一.探討通電時間與 LED 發光時間的關係

- 1、**控制變因**：電壓 6 伏特、電極為筆芯各 1 枝，溶液為食鹽水
- 2、**操縱變因**：使用電池分別通電 3、6、9、12、15 分鐘
- 3、**應變變因**：LED 的發光時間。
- 4、**實驗步驟**：
 - (1) 準備實驗器材：LED、筆芯、食鹽、水、鱷魚夾*2、寶特瓶、電池座*1、電池*4、量杯、天平、膠帶、剪刀、碼表。
 - (2) 將寶特瓶的瓶蓋上方開 3 孔。
 - (3) 以天平秤量 5 g 食鹽，倒入 650ml 的水中，攪拌後，製成食鹽水。
 - (4) 將食鹽水倒入寶特瓶中，並將電極（筆芯）、電池（6 伏特）等器材裝設好，請參閱『圖二』。
 - (5) 開始通電，通電 3 分鐘後，將電池改置成 LED，請參閱『圖三』。
 - (6) 利用碼表量測 LED 的發光時間，將其發光時間記錄於表格。
 - (7) 重複上述步驟 5 和步驟 6 的實驗 3 次，並將其數據紀錄於表格。
 - (8) 將上述通電時間改成 6、9、12、15 分鐘，重複上述的實驗。

實驗二. 探討通電時間與電壓大小的關係

- 1、**控制變因**：電壓 6 伏特、電極為筆芯各 1 枝，溶液為食鹽水
- 2、**操縱變因**：使用電池分別通電 3、6、9、12、15 分鐘
- 3、**應變變因**：產生最大電壓的大小。
- 4、**實驗步驟**：實驗步驟同上，僅將電池改置成「伏特計」，參閱『圖四』。

實驗三. 探討通電電壓與 LED 發光時間的關係

- 1、**控制變因**：電極為筆芯各 1 枝、溶液為食鹽水，通電 5 分鐘
- 2、**操縱變因**：電池電壓分別為 3、6、9 伏特
- 3、**應變變因**：LED 的發光時間。
- 4、**實驗步驟**：
 - (1) 準備實驗器材：LED、筆芯、食鹽、水、鱷魚夾*2、寶特瓶、電池座*1、電池*4、量杯、天平、膠帶、剪刀、碼表。
 - (2) ~ (4) 均同上方實驗
 - (5) 開始通電，通電 5 分鐘後，將電池改置成 LED。
 - (6) 利用碼表量測 LED 的發光時間，將其發光時間記錄於表格。
 - (7) 重複上述步驟 5 和步驟 6 的實驗 3 次，並將其數據紀錄於表格。

(8) 將上述電池電壓改成 6、9 伏特，重複上述的實驗。

實驗四. 探討通電電壓與電壓大小的關係

- 1、**控制變因**：電極為筆芯各 1 枝、溶液為食鹽水，通電 5 分鐘
- 2、**操縱變因**：電池電壓分別為 3、6、9 伏特
- 3、**應變變因**：產生最大電壓的大小。
- 4、**實驗步驟**：實驗步驟同上，僅將電池改置成「伏特計」，參閱『圖四』。

二、研究(二)：探討在自製的燃料電池中，不同的電極（鉛筆芯、碳筆、鐵筷、鐵絲），對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。

實驗五. 探討不同電極與 LED 發光時間的關係

- 1、**控制變因**：電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，通電 5 分鐘
- 2、**操縱變因**：分別使用不同的電極通電
- 3、**應變變因量**：LED 的發光時間。
- 4、**實驗步驟**：
 - (1) 準備實驗器材：LED、碳筆、鐵筷、筆芯、鐵絲、食鹽、水、鱷魚夾*2、寶特瓶、電池座*1、電池*4、量杯、天平、膠帶、剪刀、碼表。
 - (2) 將寶特瓶的瓶蓋上方開 3 孔。
 - (3) 以天平秤量 5 g 食鹽，倒入 650ml 的水中，攪拌後，製成食鹽水。
 - (4) 將食鹽水倒入寶特瓶中，並將電極（筆芯）、電池（6 伏特）等器材裝設好。
 - (5) 開始通電，通電 5 分鐘後，將電池改置成 LED。
 - (6) 利用碼表量測 LED 的發光時間，將其發光時間記錄於表格。
 - (7) 重複上述步驟 5 和步驟 6 的實驗 3 次，並將其數據紀錄於表格。
 - (8) 將上述電極改成碳筆、鐵筷和鐵絲重複上述的實驗。

實驗六. 探討不同電極與電壓大小的關係

- 1、**控制變因**：電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，通電 5 分鐘
- 2、**操縱變因**：分別使用不同的電極通電
- 3、**應變變因量**：產生最大電壓的大小。
- 4、**實驗步驟**：實驗步驟同上，僅將電池改置成「伏特計」，參閱『圖四』。

三、研究(三)：探討在自製的燃料電池中，不同的溶液對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。

實驗七. 探討不同溶液與 LED 發光時間的關係

- 1、**控制變因**：電壓 6 伏特、電極為筆芯，通電 5 分鐘

2、**操縱變因**：分別使用不同的溶液

3、**應變變因量**：LED 的發光時間。

4、**實驗步驟**：

- (1) 準備實驗器材：LED、筆芯、食鹽、水、糖、鹽酸、運動飲料、鱷魚夾*2、寶特瓶、電池座*1、電池*4、量杯、天平、膠帶、剪刀、碼表。
- (2) 將寶特瓶的瓶蓋上方開 3 孔。
- (3) 以天平秤量 5 g 食鹽，倒入 650ml 的水中，攪拌後，製成食鹽水溶液。
- (4) 將溶液倒入寶特瓶中，並將電極（筆芯）、電池（6 伏特）等器材裝設好。
- (5) 開始通電，通電 5 分鐘後，將電池改置成 LED。
- (6) 利用碼表量測 LED 的發光時間，將其發光時間記錄於表格。
- (7) 重複上述步驟 5 和步驟 6 的實驗 3 次，並將其數據紀錄於表格。
- (8) 將上述步驟 3 溶液改成自來水、運動飲料、鹽酸和糖水（糖同樣秤量 5 g），重複上述的實驗。

實驗八. 探討不同溶液與電壓大小的關係

1、**控制變因**：電壓 6 伏特、電極為筆芯，通電 5 分鐘

2、**操縱變因**：分別使用不同的溶液

3、**應變變因量**：產生最大電壓的大小。

4、**實驗步驟**：實驗步驟同上，僅將電池改置成「伏特計」，參閱『圖四』。

四、研究（四）：探討在自製的燃料電池中，**不同數目的 HB 鉛筆芯**，對 LED 發光時間及其所產生之最大電壓的影響。

實驗九. 探討不同數目的 HB 鉛筆芯的電極與 LED 發光時間的關係

1、**控制變因**：電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，通電 5 分鐘。

2、**操縱變因**：分別使用不同數目的 HB 鉛筆芯。

3、**應變變因量**：LED 的發光時間。

4、**實驗步驟**：

- (1) 準備實驗器材：LED、筆芯、食鹽、水、鱷魚夾*2、寶特瓶、電池座*1、電池*4、量杯、天平、膠帶、剪刀、碼表。
- (2) 將寶特瓶的瓶蓋上方開 3 孔。
- (3) 以秤子秤量 5 g 食鹽，倒入 650ml 的水中，攪拌後，製成食鹽水。
- (4) 將食鹽水倒入寶特瓶中，並將電極（筆芯 1 枝）、電池（6 伏特）等器材裝設好。
- (5) 開始通電，通電 5 分鐘後，將電池改置成 LED。
- (6) 利用碼表量測 LED 的發光時間，將其發光時間記錄於表格。
- (7) 重複上述步驟 5 和步驟 6 的實驗 3 次，並將其數據紀錄於表格。
- (8) 將上述電極改成筆芯 2 枝、3 枝、4 枝重複上述的實驗。

實驗十. 探討使用不同數目的 HB 鉛筆芯電極與電壓大小的關係

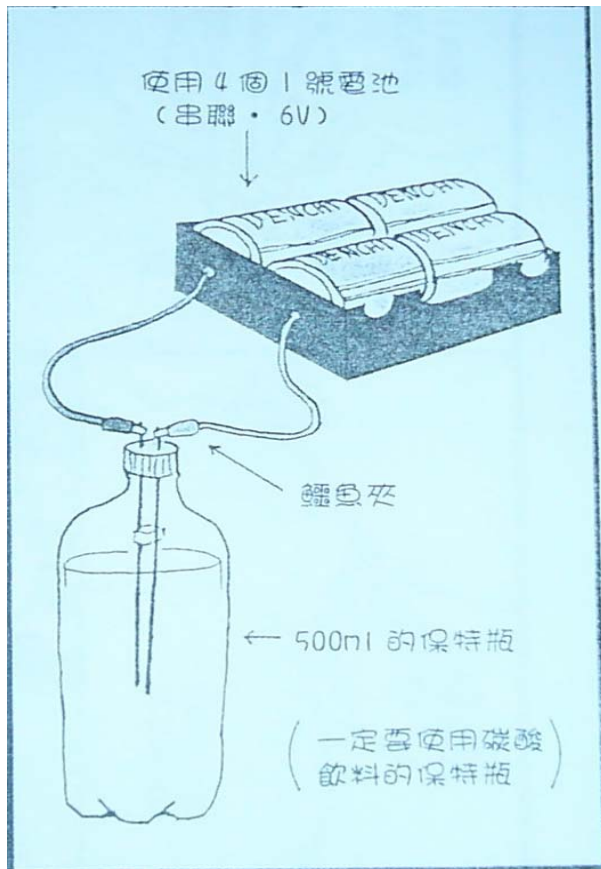
- 1、**控制變因**：電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，通電 5 分鐘。
- 2、**操縱變因**：分別使用不同數目的 HB 鉛筆芯。
- 3、**應變變因量**：產生最大電壓的大小。
- 4、**實驗步驟**：實驗步驟同上，僅將電池改置成「伏特計」，參閱『圖四』。

五、研究（五）：最後選擇上述實驗中結果比較佳的電極、溶液、通電時間與電池電壓，來製作一個最佳的燃料電池，並量測其電壓大小與 LED 發光時間。

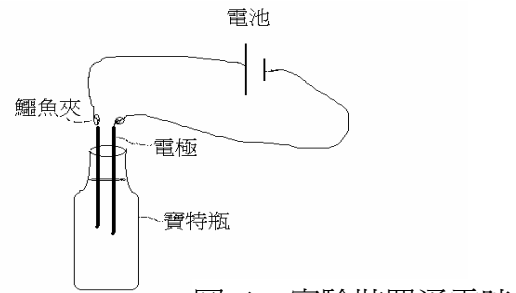
實驗十一：步驟

- (1) 準備實驗器材：LED、伏特計、筆芯、食鹽、水、運動飲料、鱈魚夾、寶特瓶、電池座、9V 電池、量杯、天平、膠帶、剪刀、碼表。
- (2) 將寶特瓶的瓶蓋上方開 3 孔。
- (3) 調配食鹽水。將食鹽水倒入寶特瓶中，並將電極（筆芯 4 枝）、電池（9 伏特）等器材裝設好。
- (5) 開始通電，通電 15 分鐘後，將電池改置成 LED。
- (6) 利用碼表量測 LED 的發光時間，將其發光時間記錄於表格。
- (7) 重複上述步驟 5 和步驟 6 的實驗 3 次，並將其數據紀錄於表格。
- (8) 將上述步驟（3）之溶液改成運動飲料、步驟（5）改置成伏特計，重複上述的實驗。

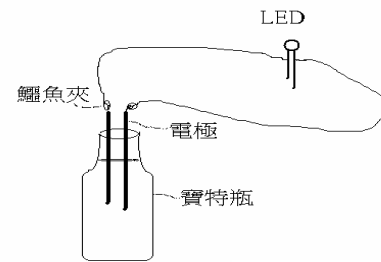
實驗注意事項：應在通風良好的場所，不可在密閉空間，並且避免身體直間接觸溶液和裸露的電線。



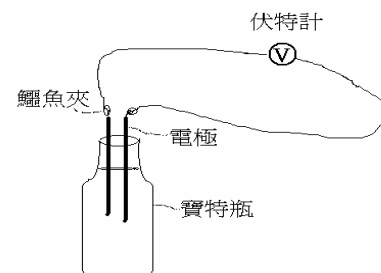
圖五、實驗裝置示意圖



圖二、實驗裝置通電時



圖三、接上 LED 時



圖四、接上伏特計時

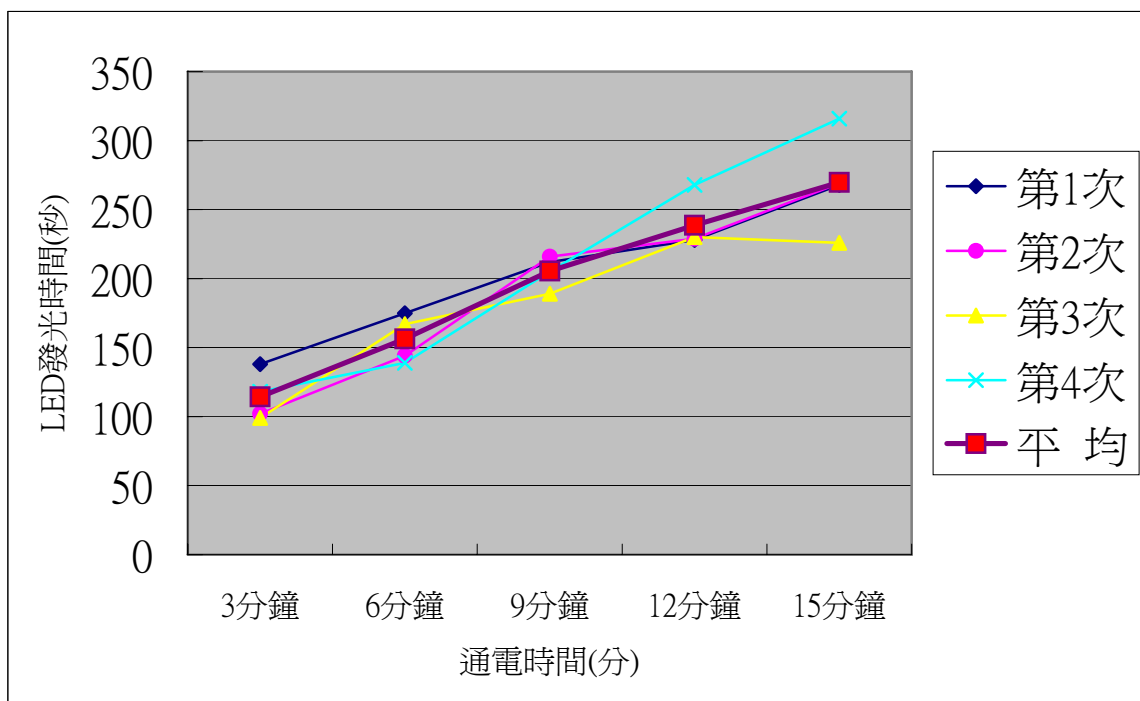
陸、 研究結果

實驗 (一):

本實驗控制通電電壓為 6 伏特、筆芯各 1 枝為電極，食鹽水為溶液，分別以不同的時間（3、6、9、12、15 分鐘）進行通電，再接上 LED 測量其發光的時間長短，藉此觀察通電時間對於燃料電池可使 LED 發光時間長短的影響。觀察實驗得到的數據發現：到當通電時間越長，其產生的電量就越多，因而 LED 的發光時間就越長。

表一、在相同電極、電壓與電解液時，通電時間與 LED 發光時間的關係表

通電時間 發光時間	3 分鐘	6 分鐘	9 分鐘	12 分鐘	15 分鐘
第 1 次	138 秒	175 秒	212 秒	228 秒	268 秒
第 2 次	102 秒	144 秒	216 秒	229 秒	269 秒
第 3 次	99 秒	167 秒	189 秒	230 秒	226 秒
第 4 次	118 秒	139 秒	205 秒	268 秒	316 秒
平 均	114.25 秒	156.25 秒	205.5 秒	238.75 秒	269.75 秒



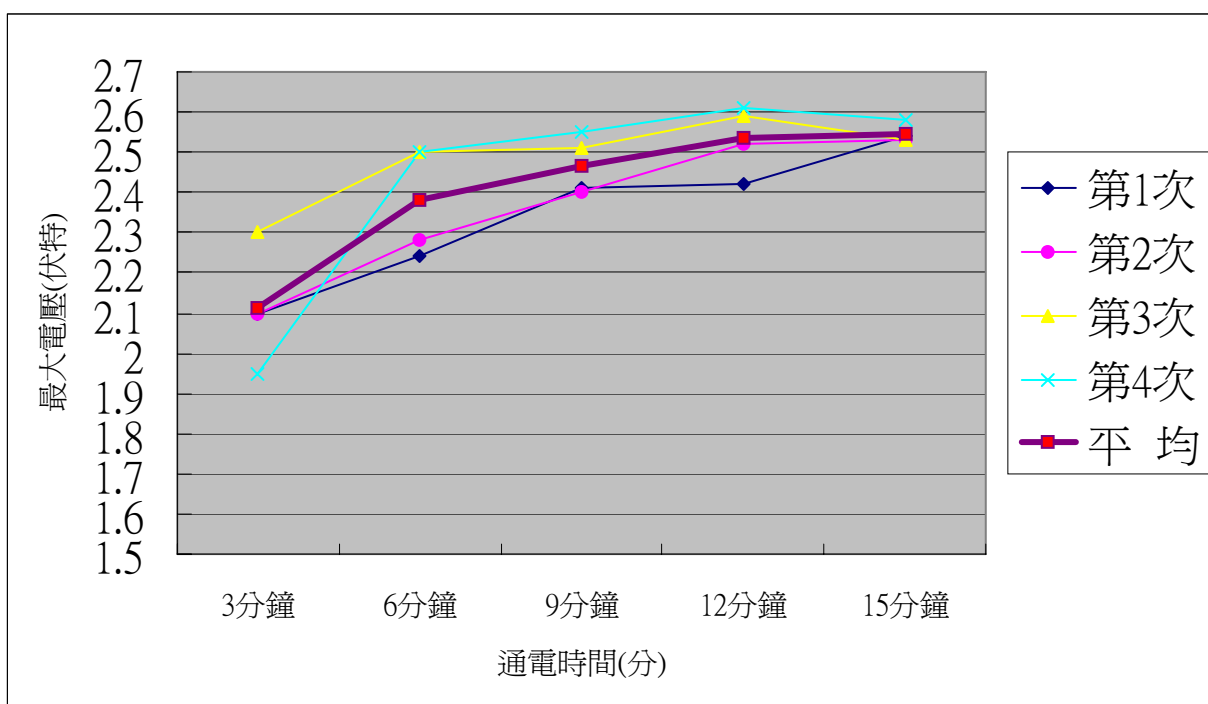
圖六、通電的時間與 LED 發光時間平均的關係圖

實驗(二):

本實驗控制通電電壓為 6 伏特、筆芯各 1 枝為電極，食鹽水為溶液，分別以不同的時間（3、6、9、12、15 分鐘）進行通電，再接上伏特計測量其最大電壓，藉此觀察通電時間對於燃料電池可使伏特計產生最大電壓的影響。觀察實驗得到的數據發現：當通電時間較短時，其電壓有偏低的現象，而當通電時間較長時，其電壓趨近於一定的大小，並有偏高的趨勢。

表二、在相同電極、電壓與電解液時，通電時間與產生最大電壓的關係表

通電時間 最大電壓	3 分鐘	6 分鐘	9 分鐘	12 分鐘	15 分鐘
第 1 次	2.1V	2.24V	2.41V	2.42V	2.54V
第 2 次	2.1V	2.28V	2.4V	2.52V	2.53V
第 3 次	2.3V	2.5V	2.51V	2.59V	2.53V
第 4 次	1.95V	2.5V	2.55V	2.61V	2.58V
平 均	2.11 V	2.38 V	2.47 V	2.54 V	2.55 V



圖七、通電的時間與產生最大電壓的關係圖



小組員和指導老師討論實驗的情形



小組員和指導老師討論實驗的情形



指導老師指導如何正確使用實驗器材



指導老師指導如何正確使用實驗器材



本實驗主要之器材



量食鹽重量—仔細一點，免得有錯



量溶液—雙手並用，免得倒了一桌



開始通電了



測看看電壓是多少伏特



測看看能讓 LED 亮多久



量溶液—看我一手就搞定



測看看能讓 LED 亮多久



測看看電壓是多少伏特



測看看能讓 LED 亮多久



測看看能讓 LED 亮多久

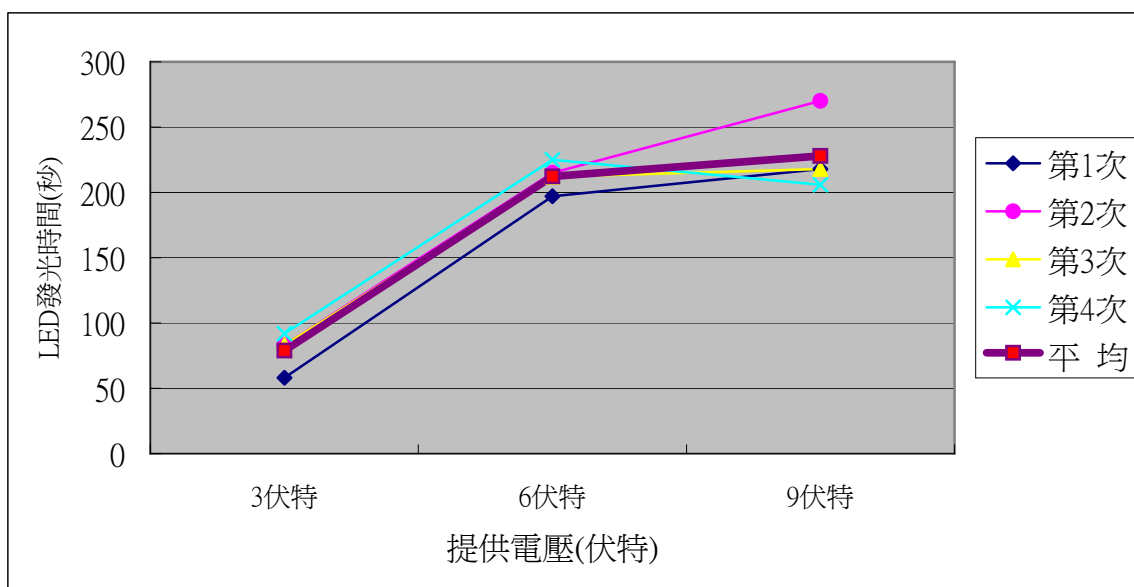
測看看能讓 LED 亮多久

實驗 (三):

本實驗控制電極為筆芯各 1 枝、溶液為食鹽水，分別以不同的電壓 (3、6、9 伏特)，通電 5 分鐘，再接上 LED 測量其發光的時間長短，藉此觀察通電電壓對於燃料電池可使 LED 發光時間長短的影響。觀察實驗獲得的數據發現：當通電電壓較大時，其產生的電量就越多，因而 LED 的發光時間就越長。此外在實驗過程中，發現隨著電壓變大，電極附近產生的氣泡變多，氫氣與氧氣產生的速率較快。

表三、相同電極、電解液與通電時間時間下，通電電壓與 LED 發光時間的關係表

通電電壓 發光時間	3 伏特	6 伏特	9 伏特
第 1 次	58 秒	197 秒	218 秒
第 2 次	83 秒	215 秒	270 秒
第 3 次	83 秒	212 秒	218 秒
第 4 次	92 秒	225 秒	206 秒
平 均	79 秒	212.25 秒	228 秒



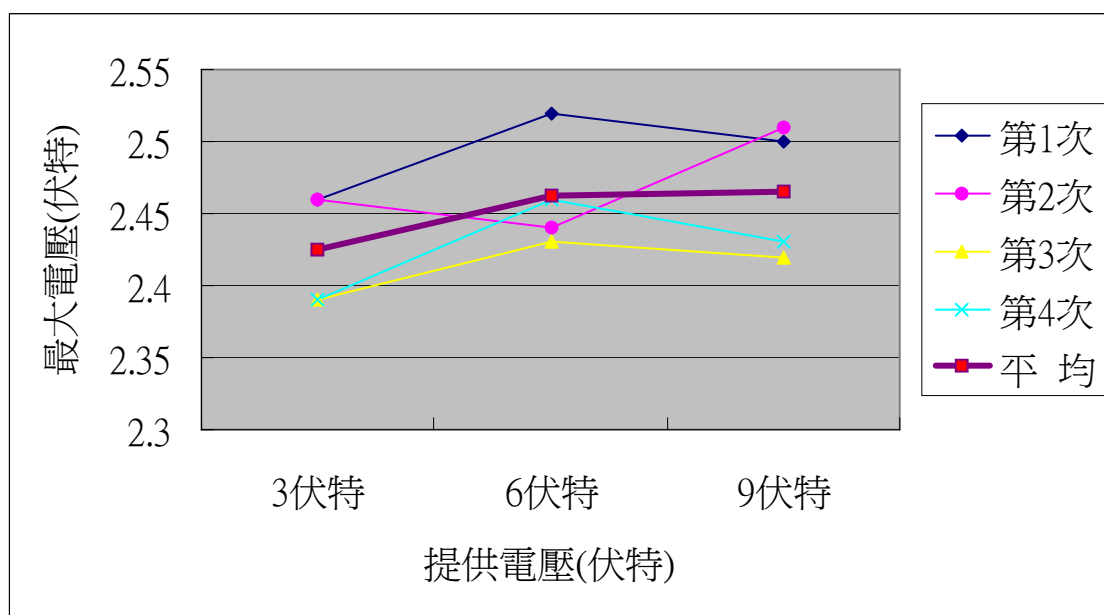
圖八、通電的電壓大小與 LED 發光時間的關係圖

實驗（四）：

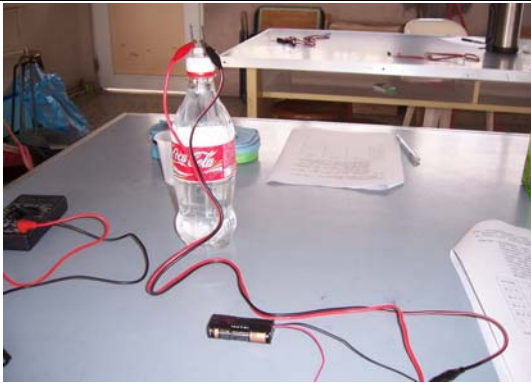
本實驗控制電極為筆芯各 1 枝、溶液為食鹽水，分別以不同的電壓（3、6、9 伏特），通電 5 分鐘，再接上伏特計測量其最大電壓，藉此觀察通電電壓對於燃料電池可使伏特計產生最大電壓的影響。觀察實驗獲得的數據，發現：當通電電壓變大時，其電壓並沒有隨之明顯的逐漸上升，而是趨於一定的大小。此外在實驗過程中，發現隨著電壓變大，電極附近所產生的氣泡變多，氫氣與氧氣產生的速率較快。

表四、相同電極、電解液與通電時間時間下，通電電壓與產生最大電壓的關係表

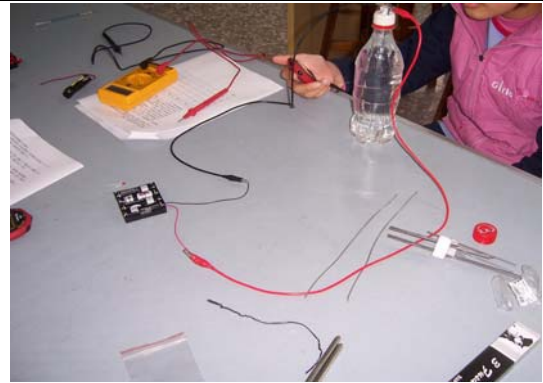
通電電壓 最大電壓	3 伏特	6 伏特	9 伏特
第 1 次	2.46V	2.52V	2.50V
第 2 次	2.46V	2.44V	2.51V
第 3 次	2.39V	2.43V	2.42V
第 4 次	2.39V	2.46V	2.43V
平均	2.43V	2.46V	2.46V



圖九、通電電壓大小與產生的最大電壓間的關係圖



使用 3 伏特電壓通電中



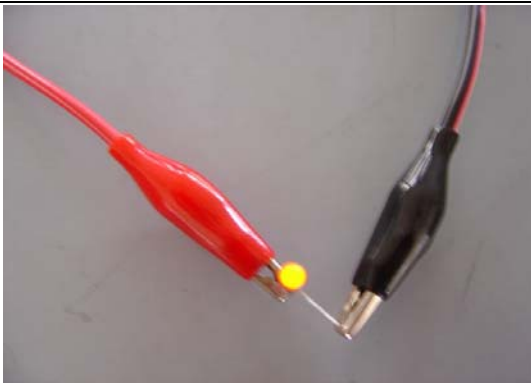
更換 6 伏特電池，再通電看看結果有無不同



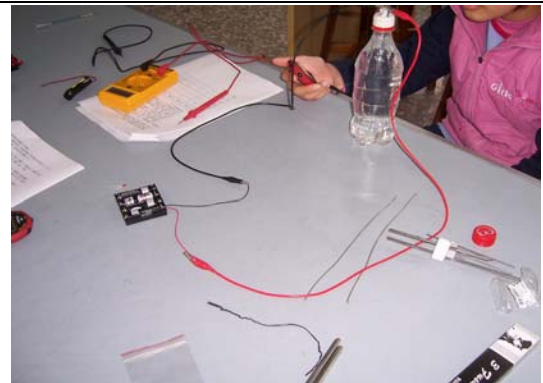
更換不同電壓再通電看看結果有無不同



使用 9 伏特通電中



哇！LED 好亮喔！



測測看，這次的電流是多少伏特？

--	--

實驗（五）：

本實驗控制電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，分別使用不同的電極（鉛筆芯、碳筆、鐵筷、鐵絲）通電 5 分鐘，再接上 LED 測量其發光的時間長短，藉此觀察不同電極對於燃料電池可使 LED 發光時間長短的影響。在實驗過程中，發現到碳筆在實驗過程中並不導電，在電極附近並沒有氣泡的產生，而鐵筷跟鐵絲則具導電性，在電極附近產生氣泡的速率較鉛筆芯還快，但是接上 LED 之後僅有筆芯會亮，鐵筷跟鐵絲則不會亮。此外，當電極為鐵筷時，於通電過程中，溶液會從透明變成黃色的溶液，推測應該是氯化鐵的產生。

表五、相同電壓、電解液與通電時間時間下，不同電極與 LED 發光時間的關係表

電極種類 發光時間	筆芯	碳筆	鐵筷	鐵絲
第 1 次	212 秒	不導電	不亮	不亮
第 2 次	215 秒	不導電	不亮	不亮
第 3 次	203 秒	不導電	不亮	不亮
第 4 次	213 秒	不導電	不亮	不亮
平均	210.75 秒	不導電	不亮	不亮

實驗（六）：

本實驗控制電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，分別使用不同的電極（鉛筆芯、碳筆、鐵筷、鐵絲）通電 5 分鐘，再接上伏特計測量其最大電壓，藉此觀察不同電極對於燃料電池可使伏特計產生最大電壓的影響。從實驗中得到的數據可以觀察到，筆芯當電極時的電壓最高，鐵絲次高，最低是鐵筷，而用碳筆當電極時是不導電的。並且與上一個實驗的數據比較，發現 LED 不會發亮的原因應該是電壓太低了，即用鐵筷跟鐵絲當電極產生了電壓，但亦不足以使 LED 發亮。

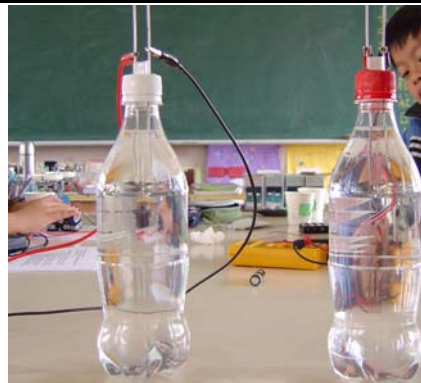
表六、相同電壓、電解液與通電時間時間下，不同電極與產生最大電壓的關係表

電極種類 最大電壓	筆芯	碳筆	鐵筷	鐵絲
第 1 次	2.64V	不導電	0.95V	1.36V
第 2 次	2.68V	不導電	1.09V	1.29V
第 3 次	2.65V	不導電	0.96V	1.17V

第 4 次	2.66V	不導電	0.92V	1.05V
平 均	2.66V	不導電	0.98V	1.22V



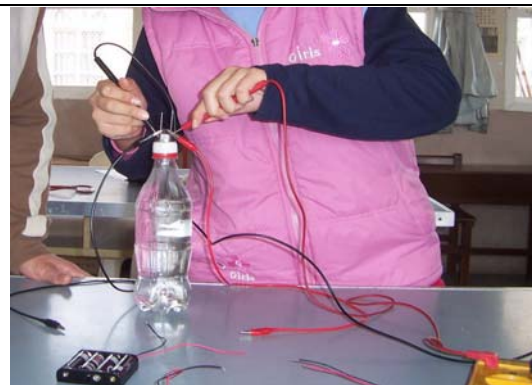
實驗五、六的主要器材



開始動工了，鐵絲充電中



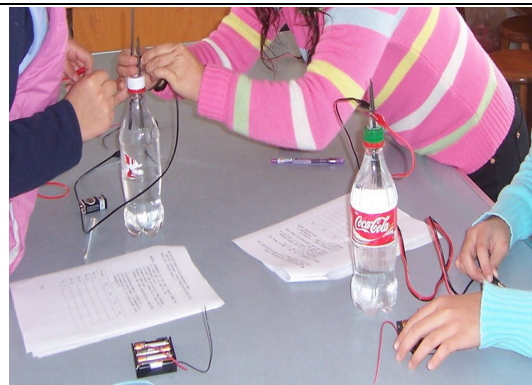
看看這次的電壓可測得多少伏特？



看看這次的電壓可測得多少伏特？



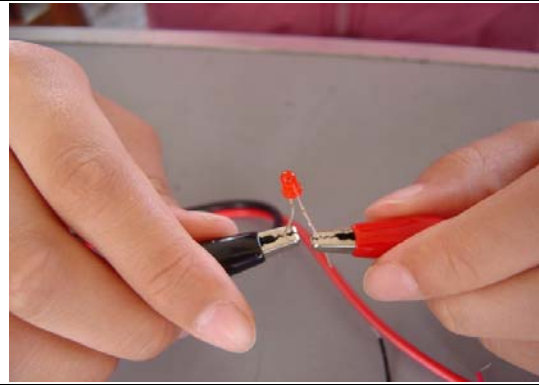
盯緊碼錶，可不能稍有疏忽



指導老師親自協助指導



鐵筷通電中，溶液變成黃綠色



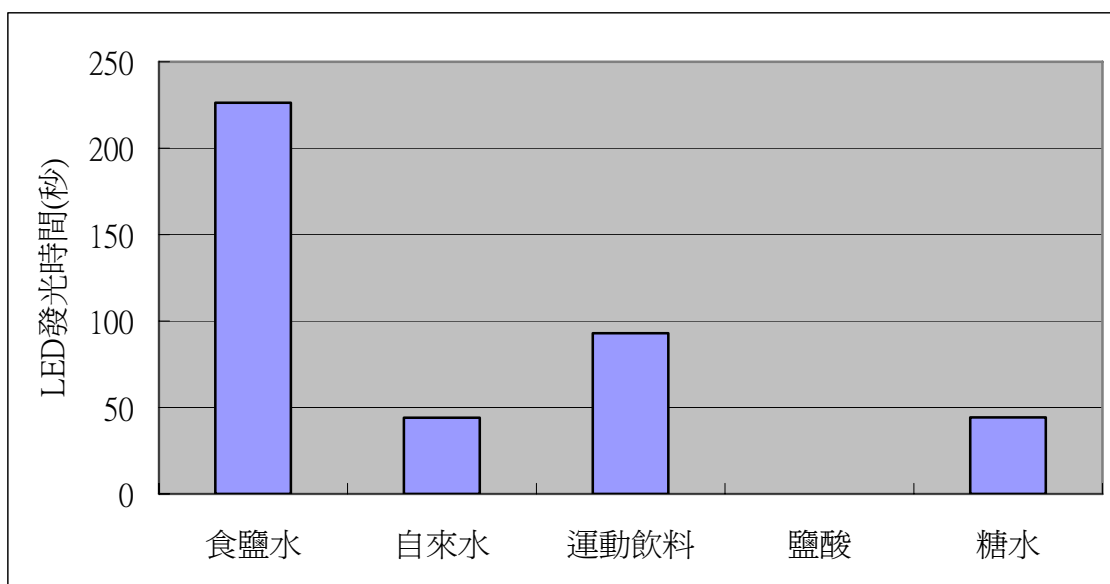
接上 LED，結果是不亮…

實驗（七）：

本實驗控制電壓 6 伏特、電極為筆芯，分別使用不同的溶液（食鹽水、自來水、運動飲料、鹽酸和糖水）通電 5 分鐘，再接上 LED 測量其發光的時間長短，藉此觀察不同電極對於燃料電池可使 LED 發光時間長短的影響。從實驗數據中可以觀察到，以食鹽水為溶液時，其產生的電量最多可以使 LED 亮得最久，運動飲料次之，糖水與自來水差不多，而以鹽酸為溶液時則無法使 LED 發亮。

表七、相同電壓、電極與通電時間時間下，不同電解液與 LED 發光時間的關係表

溶液種類 發光時間	食鹽水	自來水	運動飲料	鹽酸	糖水
第 1 次	213 秒	49 秒	104 秒	不亮	40 秒
第 2 次	215 秒	47 秒	101 秒	不亮	44 秒
第 3 次	252 秒	41 秒	94 秒	不亮	48 秒
第 4 次	225 秒	39 秒	73 秒	不亮	45 秒
平均	226.25 秒	44 秒	93 秒	不亮	44.25 秒



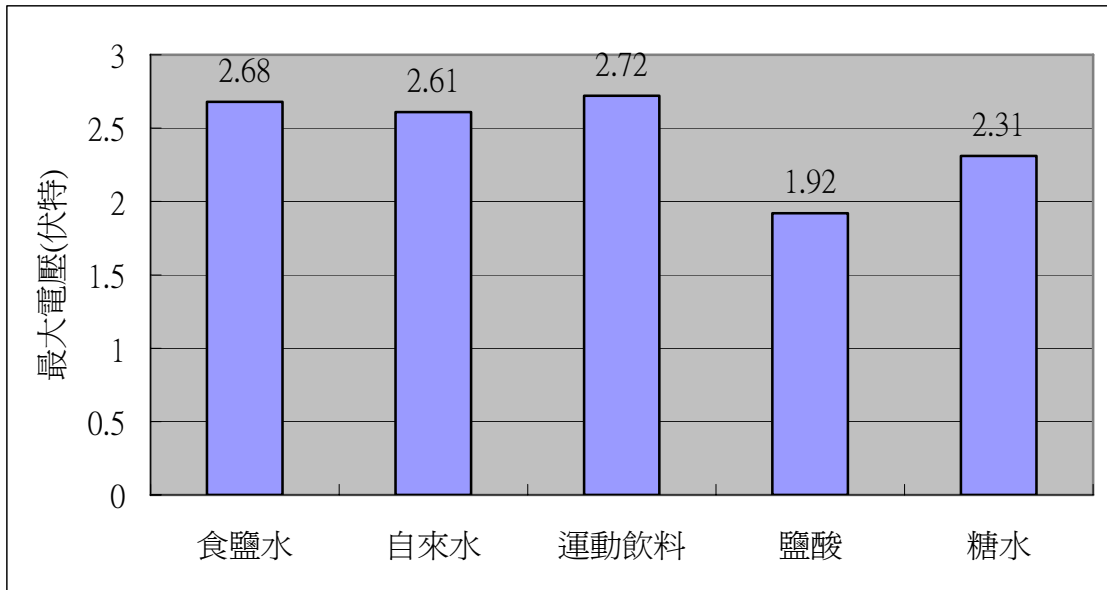
圖十、不同電解液與 LED 發光時間的關係圖

實驗（八）：

本實驗控制電壓 6 伏特、電極為筆芯，分別使用不同的溶液（食鹽水、自來水、運動飲料、鹽酸和糖水）通電 5 分鐘，再接上伏特計測量其最大電壓，藉此觀察不同電極對於燃料電池可使伏特計產生最大電壓的影響。從實驗數據中可以觀察到，當運動飲料為溶液時，其產生的電壓最大，其他溶液產生的電壓由大至小依序為食鹽水、自來水、糖水，而溶液為鹽酸時，其產生的電壓最小。本實驗數據與上一個實驗的數據比較，推測溶液為鹽酸時，所產生的電壓過小，無法使 LED 發亮。

表八、相同電壓、電極與通電時間時間下，不同電解液與產生最大電壓的關係表

溶液種類 最大電壓	食鹽水	自來水	運動飲料	鹽酸	糖水
第 1 次	2.68V	2.68V	2.75V	2.03V	2.2V
第 2 次	2.71V	2.58V	2.74V	1.96V	2.43V
第 3 次	2.66V	2.57V	2.71V	1.82V	2.37V
第 4 次	2.65V	2.60V	2.68V	1.88V	2.24V
平均	2.68V	2.61V	2.72V	1.92V	2.31V



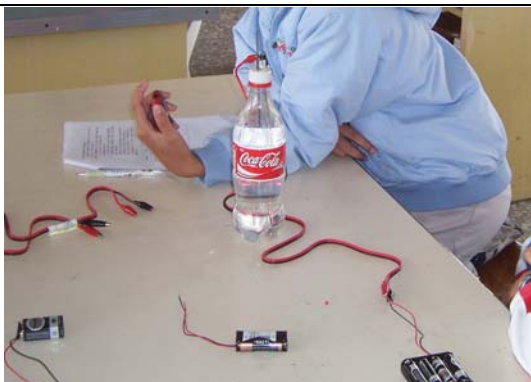
圖十一、不同電解液與產生最大電壓的關係圖



五顏六色的溶液，是實驗七、八的主角



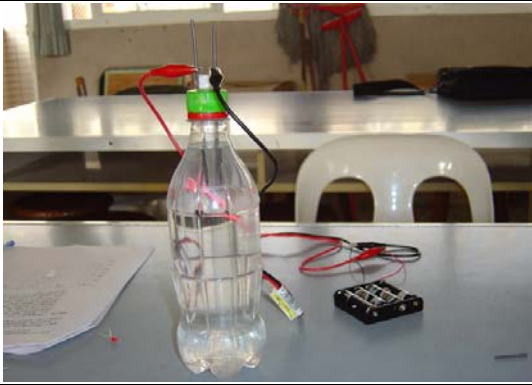
材料準備中



動工了，開始記時



糖水通電中...



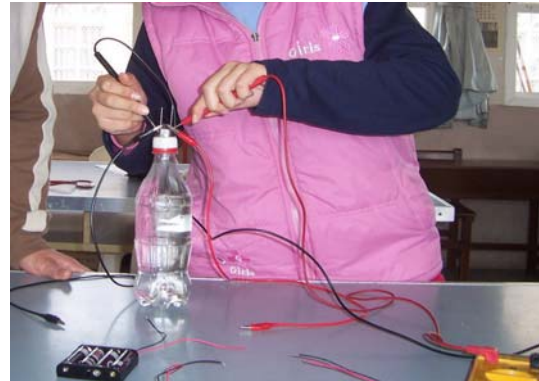
食鹽水通電中…



運動飲料接上 LED…



看看這次的電流能讓 LED 亮多久？



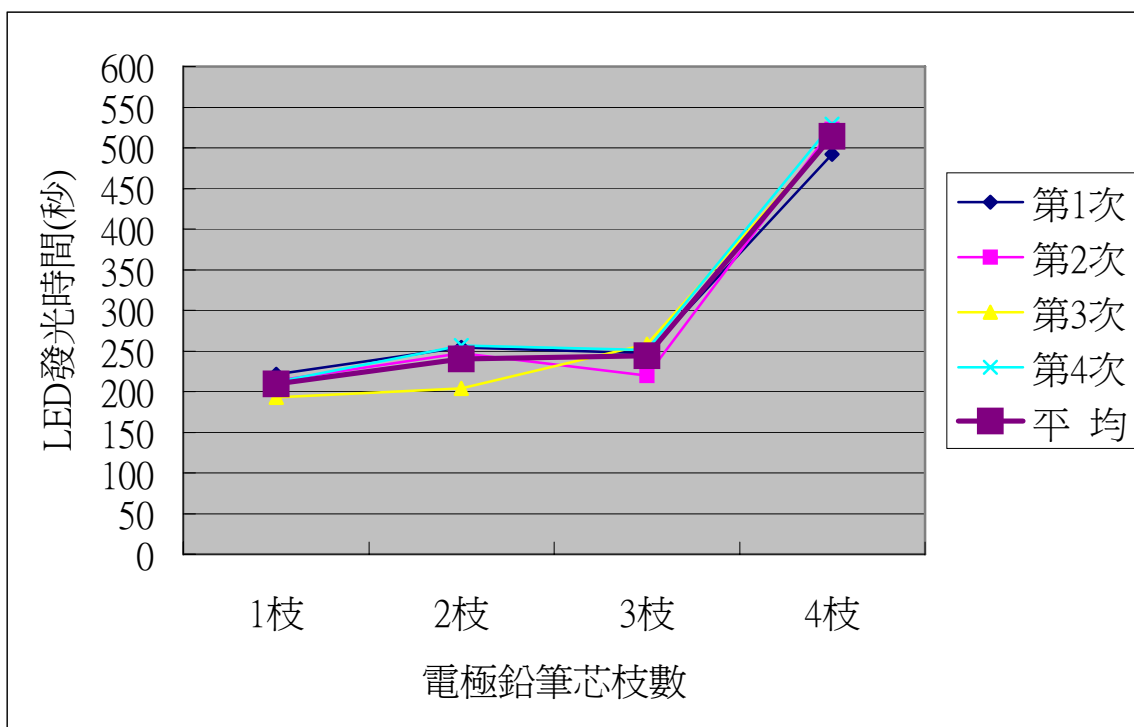
看看這次電流是多少伏特？

實驗（九）：

本實驗控制電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，分別以不同數目的 HB 鉛筆芯當電極（1 枝、2 枝、3 枝、4 枝）通電 5 分鐘，再接上 LED 測量其發光的時間長短，藉此觀察不同電極對於燃料電池可使 LED 發光時間長短的影響。從實驗數據中可以觀察到，隨著筆芯數目的增多，其產生的電量就越多，LED 亮的時間也就越久。在實驗中也觀察到，隨著筆芯數目的增多，在電極附近產生的氣泡也就越多。

表九、相同電壓、溶液與通電時間時間下，不同數目的 HB 鉛筆芯的電極與 LED 發光時間的關係表：

鉛筆枝數 發光時間	1 枝	2 枝	3 枝	4 枝
第 1 次	221 秒	254 秒	247 秒	492 秒
第 2 次	213 秒	247 秒	220 秒	523 秒
第 3 次	193 秒	204 秒	258 秒	513 秒
第 4 次	212 秒	257 秒	251 秒	529 秒
平均	209.75 秒	240.5 秒	244 秒	514.25 秒



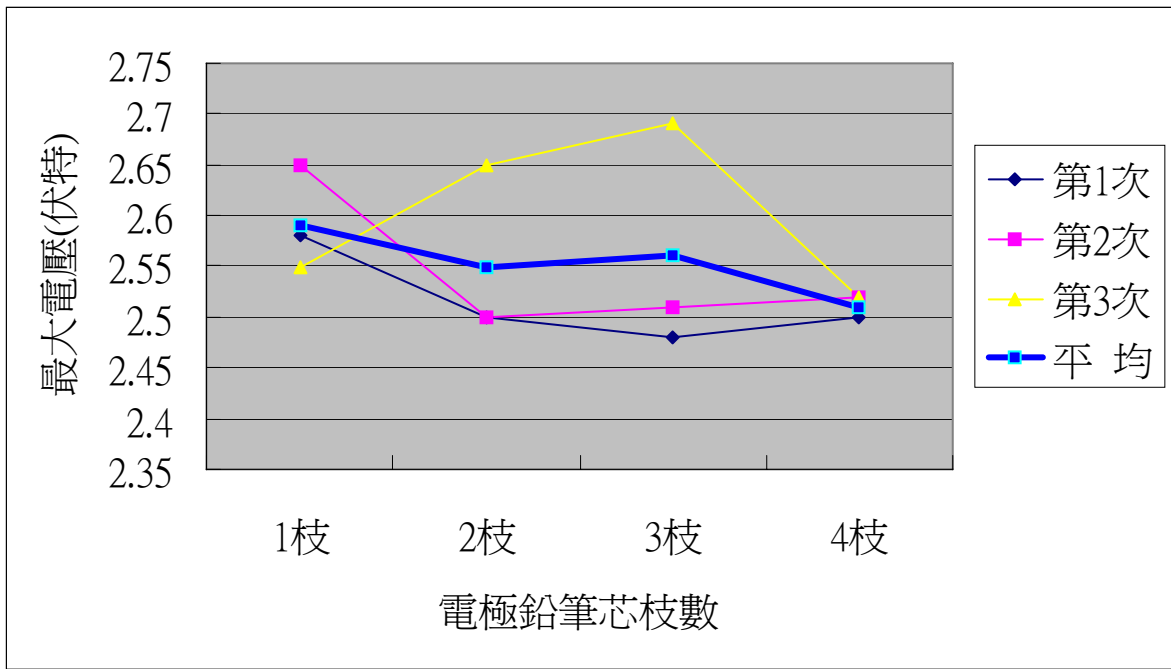
圖十二、不同數目的 HB 鉛筆芯的電極與 LED 發光時間的關係圖

實驗 (十):

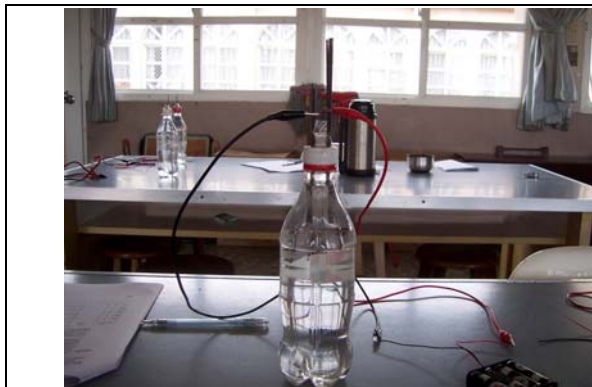
本實驗控制電壓 6 伏特、溶液為食鹽水，分別以不同數目的 HB 鉛筆芯當電極（1 枝、2 枝、3 枝、4 枝）通電 5 分鐘，再接上伏特計測量其最大電壓，藉此觀察不同電極對於燃料電池可使伏特計產生最大電壓的影響。從實驗數據中發現到，隨者筆芯數目的增多，其產生的電壓並沒有發生明顯的變化，因此推測其筆芯數目對電壓的大小影響並不大。

表十、相同電壓、溶液與通電時間時間下，不同數目的 HB 鉛筆芯的電極與產生最大電壓的關係表：

鉛筆枝數 發光時間	1 枝	2 枝	3 枝	4 枝
第 1 次	2.58V	2.50V	2.48V	2.50V
第 2 次	2.65V	2.50V	2.51V	2.52V
第 3 次	2.55V	2.65V	2.69V	2.52V
平 均	2.58V	2.55V	2.52V	2.53V



圖十三、不同數目的 HB 鉛筆芯的電極與產生最大電壓的關係圖



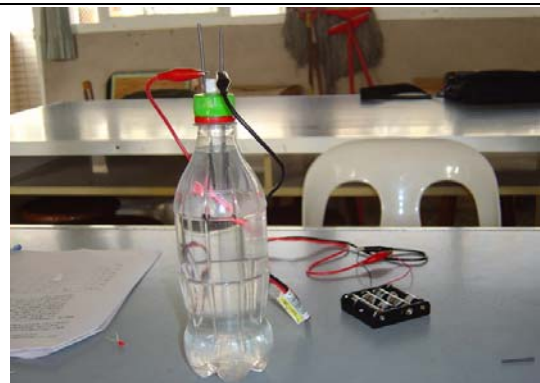
用 4 根鉛筆芯來通電



用 2 根鉛筆芯來通電



用 4 根鉛筆芯來通電



用 1 根鉛筆芯來通電



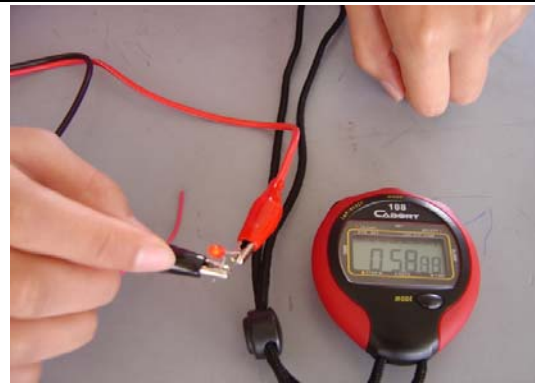
量量看產生的最大電壓是多少？



動作要快，才會準確！



果然，筆芯 4 根的電流比 1 根的電流還大



看看能讓 LED 亮多久

◎ 綜合以上實驗發現：

影響因素	電量大小	電壓大小
通電時間	為【 15 分鐘】時，其結果較佳。	為【 15 分鐘】時，其結果較佳。
通電電壓	為【 9V】時，其結果較佳。	為【 9V】時，其結果較佳。
電極	為【 筆芯】時，其結果較佳。	為【 筆芯】時，其結果較佳。
溶液種類	為【食鹽水】時，其結果較佳。	為【運動飲料】時，其結果較佳。
電極表面積	為【4 枝筆芯】時，其結果較佳。	為【4 枝筆芯】時，其結果較佳。

實驗（十一）：

本實驗之一控制電壓 9 伏特、溶液為食鹽水，以 4 枝 HB 鉛筆芯當電極，通電 15 分鐘，來製作一個最佳效能的燃料電池，並接上 LED 測量其發光的時間長短。

本實驗之二控制電壓 9 伏特、溶液為運動飲料，以 4 枝 HB 鉛筆芯當電極，通電 15 分鐘，來製作一個最佳效能的燃料電池，並再接上伏特計測量其最大電壓。實驗結果如下表：

表十一、最佳效能電池，讓 LED 發光與產生最大電壓紀錄表

	發光時間	電壓大小
第 1 次	396 秒	2.83V
第 2 次	470 秒	2.70V
第 3 次	485 秒	2.83V
第 4 次	492 秒	2.62V
平 均	460.75	2.75V



圖十四、最佳效能之燃料電池

柒、 討論：

- 一、本研究的電壓控制均由一般的乾電池來提供電壓，但電池在使用過後其電壓會有變小的情形，無法維持在一定的電壓，必須不斷的進行電池的更新才能維持電壓，較浪費資源，未來有機會可以使用直流電供應器，讓提供的電壓更趨於穩定。
- 二、研究中發現，通電時間愈久、充電電壓愈大使 LED 發光的時間越久，但在產生的最大電壓部份雖有上升的趨勢，不過幅度並不明顯，反而趨於一定的數值，為何最大電壓不會一直持續上升呢？這是一個值得再深入研究的議題。
- 三、實驗過程中，曾經發生器材裝設好，接上電池後，電極卻無任何反應，苦思問題出在哪裡？後來才發現，因為兩個鱷魚夾的接頭互相碰觸，鱷魚夾部分已形成了電流通路，因此電流無法傳到溶液部分。因此，實驗中要特別留意設備裝置的正確方式。
- 四、在實驗中偶然發現，做完實驗後鉛筆芯上仍有殘留的電力，推測可能是因為有部分氧氣與氫氣殘餘吸附在電極上。
- 五、實驗中當電極為鐵筷時，原本的生食鹽水會變成黃色的溶液，經資料查詢後，推測是黃色的氯化鐵殘留物質。
- 六、實驗中發現當電極為鐵絲、鐵筷時可產生電壓，卻無法使 LED 發亮，推測因其產生的電壓低於 LED 發亮所需的電壓所致。經相關實驗發現：使 LED 發亮所需的最小電壓為 1.6V 至 1.7V，鐵筷電壓 0.98V、鐵絲電壓 1.22V，因此 LED 不發亮。

七、本研究的溶液部份，實驗了五種不同的溶液。對於同溶液不同濃度以及不同溫度對其是否亦有影響部分並未加以研究。同樣的，本研究以觀察燃料電池產生的電流大小與最大電壓為主要目標，未針對電池的使用壽命來做更進一步的研究，這些都是未來可以再研究的部份。

捌、 結論：

- 一、由實驗（一）、（二）發現通電時間越長，其產生的電量就越多，LED 的發光時間就越長；同時其產生的最大電壓則趨近於一定的大小，並有偏高的趨勢。
- 二、由實驗（三）、（四）得到當通電電壓變大時，其產生的電量也越多，因而 LED 的發光時間就越長；產生的最大電壓則沒有隨之明顯的逐漸上升，而是趨於一定的大小。同時通電電壓越大，電極附近產生的氣泡變多，氫氣與氧氣產生的速率變快。
- 三、由實驗（五）、（六）發現到鐵筷、鐵絲和筆芯具導電性，碳筆則不導電，無法產生氫氣與氧氣。接上 LED 之後僅有筆芯會亮，鐵筷跟鐵絲則不會亮。產生最大電壓部份：筆芯的電壓最高，鐵絲次之，最低是鐵筷，碳筆不導電。由兩實驗發現鐵絲、鐵筷有電壓卻無法使 LED 發亮，推估是因電壓太低了，不足以使 LED 發亮。
- 四、在實驗五、六當電極為鐵筷時，於通電過程中，溶液會產生黃色的氯化鐵殘留物質。
- 五、由實驗（七）發現以食鹽水為溶液時，其產生的電量最多可以使 LED 亮得最久，運動飲料次之，糖水與自來水差不多，鹽酸為溶液時則無法使 LED 發亮。
- 六、由實驗（八）當運動飲料為溶液的電壓最大，其他溶液產生的電壓由大至小依序為食鹽水、自來水、糖水，而溶液為鹽酸時，其產生的電壓最小，無法使 LED 發亮。
- 七、由實驗（九）、（十）發現隨著筆芯數目的增多，其產生的電量就越多，LED 亮的時間也就越久。同時，其產生的電壓並沒有發生明顯的變化，因此推測其筆芯數目對

電壓的大小影響並不大。

玖、參考資料與其他

- 一、國小自然與生活科技：第二冊單元「水和我的們生活環境」、第四冊單元「水和我的們生活環境」。台北市：南一書局
- 二、瀧川洋二、山村紳一郎編著；王蘊潔譯（2003）。66 個挑戰創意的科學實驗，初版。台北縣：世茂出版社。
- 三、黃鎮江（2005）。燃料電池（2 版）。台北市：全華圖書。
- 四、衣寶廉（2005）。燃料電池-應用與原理（初版）。台北市：五南。
- 五、林昇佃等合著（民 92）。燃料電池：新世紀能源（初版）。台中市：滄海。
- 六、衣寶廉（2003）。燃料電池-高效、環保的發電方式（初版）。台北市：五南。
- 七、薛康琳、彭裕民（2003）。通訊產品中的微型燃料電池。科學發展，367，16-19。

評 語

081539 綠色大地---寶特瓶簡易「燃料電池」

想法方向正確，唯作法觀念有些不清以致未能得到預期的效果。