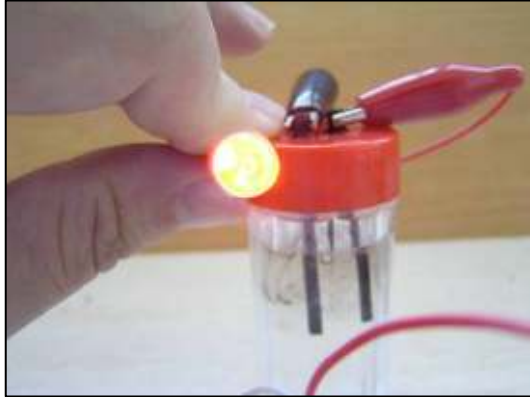


宜蘭縣國民中小學節能減碳教育研習
實驗融入教學創新教材_綠色能源新視界



講師簡介	
服務機關	台中縣立長億高中職稱專任輔導員、中央團教師
學歷	高雄師大化學系、彰化師大物理教學研究所
重要經歷	台中縣自然科輔導團專任輔導員 教育部中央團諮詢教師 康軒、南一教材研發顧問 國立自然科學博物館科老師 2005 國科會物理博覽會普科展品計畫主持人 各縣市自然科研習聘任講師，2004 至今逾 180 場 著有「人類文明的推手」，國立臺灣科學教育館出版
專長講題	創意教具及教材研發 教具 DIY 工作坊
台中縣自然科輔導團 http://enjoy.phy.ntnu.edu.tw/course/view.php?id=154	



林宣安老師

宜蘭縣國民中小學節能減碳教育研習

實驗融入教學創新教材_綠色能源新視界

- 一、依據：1.宜蘭大學「綠色家園-宜蘭地區節能減碳教育研究與發展」計畫
2.宜蘭縣國民教育輔導團設置與作業要點。
3.宜蘭縣國教輔導團國中小學自然與生活科技學習領域年度計畫
- 二、目的：1. 了解如何利用廢電池再生製成的燃料電池與空氣電池
2. 了解如何利用簡易的風力發電機
3. 了解如何利用太陽能電池製作光度計與無線光傳輸裝置
4. 了解如何製作簡單有趣的太陽爐
5. 了解如何利用日常生活材料製作能源教具。
- 三、主辦：宜蘭縣政府教育處國教輔導團、國立宜蘭大學
- 四、承辦：宜蘭縣國中、國小自然領域輔導團
- 五、時間：98年11月13日(星期五)下午13:30~16:30
- 六、地點：復興國中科學館(化學實驗室)
- 七、參加人員：宜蘭縣各國中小學自然領域召集人(或指派一人參加)，復興國中自然教師
- 八、注意事項：1. 請參與人員逕上本縣 EIP 研習系統報名。
2. 請 貴校給予參與人員公(差)假登記。
3. 請與會人員自行攜帶環保杯及環保餐具。
4. 全程參與之教師將於研習結束後核發研習時數3小時。

九、課程表：

日期	節次	時間	課程內容	主講人	助理講師
98 年 11 月 13 日	第一、二節	13:30~13:40	報到		
		13:40~13:45	致詞	張章堂教授 秘書、課督	
		13:45~15:00	自製燃料電池、空氣電池	長億高中 林宣安老師	方琮民老師 蘇敬菱老師
		15:00~15:10	休息		
	第三節	15:10~16:20	綠能源教學	長億高中 林宣安老師	吳欣怡老師 黃立宇老師
		16:20~16:30	問題與討論	邱求三教授 陳博彥教授	

- 九、經費來源：宜蘭大學、宜蘭縣國教輔導團。
- 十、實施效益：透過研習辦理，了解如何利用日常可見的材料製成方便操作的教具，期望讓學生更容易進入綠色能源的新視界，也希望能讓學生對未來有更宏觀的新視野，俾落實綠能源教育。
- 十一、本計畫經宜蘭縣政府教育處及宜蘭大學同意後實施，修正時亦同。

實驗融入教學創新教材

綠色能源新視界

林宜安

台中縣立長億高中，台中縣太平市長億六街 1 號

tel：04-22704022 fax：04-22734789

L0930984547@yahoo.com.tw

壹、設計動機

一直以來，每當和朋友介紹自己是理化老師時，大家幾乎都露出一付不可思議的表情：「你教那麼難的科目喔！我國中的時候理化最爛說。」你怎麼會教理化？學那些以後又用不到！」似乎對大部分的人而言，總覺得國中理化(自然與生活科技)是一門枯燥又艱深的科目，唯恐避之不及，怎麼可能還會喜歡它！但，真的是如此嗎？

在我們生活週遭，無時無刻都會接觸到自然科學；上學要騎腳踏車；聽隨身聽要用電池；連開個門都要用到物理原理，誰說科學離我們很遠！科學就是我們身旁的一草一木，就是我們生活中每天要面對的每件事，怎麼說會用不到？怎麼會讓這麼多的孩子對它失去興趣，望之卻步。也許，我們可以將原因歸咎於教育的環境、升學的壓力、家庭的背景、先天的才能……還是根本就是我們一直不敢去面對的原因；「老師把我們的興趣教到不見了。」

相信每個人都喜歡看魔術表演，原因很簡單；因為它有趣。其實說穿了魔術不就是「科學」與「手法」的結合，為什麼用魔術來呈現科學大家非但不排斥還趨之若鶩，教學也應該是如此；尤其是自然科。如果老師能將嚴肅的科學原理稍微包裝之後，呈現出來的效果會讓老師自己都大吃一驚！筆者一直希望以這樣的方式來教授自然科學，讓科學回歸實驗的本質；讓孩子重新體會科學的樂趣。

近幾年來國內外教育學者普遍性重視科學實驗的重要性(張惠博，1993)，九年一貫課程綱要中更進一步強調「主動探索與研究」，希望可以激發學生好奇心及觀察力，主動探索和發現問題，並積極運用所學的知能於生活中。教育的目的在幫助學生透過學習達到更好的生活適應，而學生的學習通常就發生在日常生活之中，學生的邏輯思考和抽象推理能力隨著年齡增長漸趨成熟，對於外在世界的探索認知，逐漸脫離自我為中心的觀點，採取「客觀性」的科學方法，進行相關資訊的搜集、分析與解釋。其中若可以讓實驗教學生活化，藉由這些實驗與活動，培養學生的科學興趣、熟練實驗方法。有鑑於此，國內諸多教育學者積極研發許多演示實驗教具，如中央大學及東吳大學等，均有不錯的成果發表，每年更有許多場次的教學研討會針對這樣的演示實驗進行討論。劉朝福(2003)亦指出演示實驗是保證教學質量的重要環節，重視和研究演示實驗教學，可以提高中學物理教學水平。

其於以上理由，筆者才會有此一教學設計的概念，希望以演示實驗(Demonstration)融入教學為主軸的課程設計可以讓國中的學生不再畏懼理化，甚至進一步喜歡理化，並培養出可以主動研究探索並擁有良好學習態度的學生。

貳、 教學目的

自然科學一直以來的精神就是求「真」，這是科學的根本，也是自然科學重視實驗的原因。一切的原理原則都必須經過實驗的嚴謹驗證後才能真正被接受。但，國中在升學壓力及上課時數減少的情況下，許多老師被迫捨棄學生實驗的時間，用來加強學生解題作答的能力；將原理原則敘述的非常詳盡，這是求「真」！？或者好一點的情況就利用「高科技」；從網路上抓檔案或者功力比較深的老師就自己製作動畫(flash 或 java)來教學，方便又輕鬆。

的確，多媒體的教學方式已經慢慢變成了主流，不但畫面美麗，使用又方便，而且非常容易複製及傳播。但我們必須質疑的是，「我們看到的(動畫)就是真實的情況嗎？」。科學的「真」不見了！

電腦動畫絕對有它的存在價值及優勢，尤其是我們無法實際操作的微觀世界(如分子模型、反應機制等)或宏觀的自然現象(如宇宙的形成、日月蝕的發生等)等等；電腦動畫就提供了我們了解科學奧秘的最佳途徑。但現在的情況似乎有點矯枉過正，連一些簡單的實驗或原理好像都非得用電腦才能表達；學生(包括老師)對於學習的方式、現象的觀察、實驗的流程與操作等幾乎都快完全依賴電腦，「動手做」的能力在學校似乎已經越來越不被重視了。

「做了，才知道！」這是筆者幾年來發展教具最大的感想。

「原來很多實驗真正自己操作之後才知道原理和實際現象是有差距的。」

在現實的環境下(時間不夠、實驗器材設計不良、學校經費有限、實驗空間不足等因素)，又希望能讓學生親自觀察(或操作)到科學的「真」，筆者才會有將「實驗融入教學」的構想。期望這些方便又好用的「小玩具」能給第一教學現場的老師一些助益。

加上近幾年的環保意識高度抬頭，自從 18 世紀工業革命以來，人類對能源的需求不斷攀升，原本以為取之不盡也用之不竭的能源，在我們過度開發與濫用的情況下，漸漸的地球出現了許多數億年來從未出現的病症，少數有先見之明的智者雖然不斷地提醒我們，但一直到 21 世紀，人類才真正的覺醒！這些原本我們視為理所當然的事情，再也不能讓我們這麼為所欲為，『原來人類不是唯一，自然才是唯一』，失去了自然，就失去了一切！

這一場人類與自然的世界大戰，站在教育第一線的我們當然也不能缺席，也許我們無法像政府高官的立法規範，或大企業的節能商品與替代能源的研發，但我們能做的卻是一個最根本可以解決問題的事—『觀念改變』。環保絕對不是我們這一代一兩年或是一兩個人的事，而是需要我們的下一代、下下一代甚至下下下一代可以繼續接力下去的長期抗戰，如何可以讓我們的孩子了解環保的重要與責無旁貸，中小學教育絕對是重要的關鍵因素之一。

這樣的責任與壓力也許對許多老師而言真的太過沉重，但就是希望每個人可以在其崗位上發揮他最大的附加價值。在我們現在的自然科教材中其實已經加入了許多以前沒有的環保觀念與新知，只要能在課堂教學中可以落實，甚至加上一些簡單的課程設計，就可以讓我們這群國家未來的中流砥柱有更多正確的觀念與想法可以讓環保工作繼續持續下去，讓人類與自然未來可以創造一個真正雙贏的局面。

有鑑於此，筆者結合現階段國中自然科課程內容開發了一系列有關綠色能源的演示實驗教材，其中包含了利用廢電池再生製成的燃料電池與空氣電池；以及簡易的風力發電機以及利用太陽能電池製作的光度計與無線光傳輸裝置，並製作了簡單有趣的太陽爐，利用日常生活隨處可見的材料製作成方便操作的教具，期望可以讓學生更容易進入綠色能源的新世界，也希望能讓我們的學生對未來有更宏觀的新視界。

參、 教學對象

國中三年級(九年級)

肆、 實驗設計之一_綠色化學能源：燃料電池與空氣電池

一、燃料電池的發展

一般我們熟知的發電方式就是利用燃料(可能是石油、瓦斯、汽油、甲烷、乙醇、氫…等)通過化學變化產生熱能之後，間接利用水蒸氣推動發電機來產生電能，這樣的能量轉換過程需要經過許多程序，相對其轉換的過程中也消耗了許多不必要的浪費，以至於最後變成電能的效率通常都只剩下 30% 左右。但燃料電池(Fuel cell)卻不經過這些複雜且不必要的化學變化，而是直接經燃料以特殊催化劑使燃料與氧發生反應產生二氧化碳(CO₂)和水(H₂O)，因不需推動渦輪等發電器具，也不需將水加熱至水蒸氣再經散熱變回水，所以能量轉換效率高達 70% ~ 80% 左右，足足比一般發電方法高出了 40% 以上。

燃料電池的歷史可以回溯至 1839 年，由英國法官威廉葛洛夫(William Grove)在一次實驗中意外發現了燃料電池的發電原理，經過一百七十幾年來的發展已經有了許多不同的形式出現，但一般我們熟知也最有發展潛力的方式還是以質子交換膜燃料電池(Proton Exchange Membrane Fuel Cell, 簡稱: PEMFC)為主，PEMFC 主要是利用氫氣進入電池組，經由擴散層，與觸媒層中的觸媒作用後，氧化為氫離子(質子)並釋出電子，同時在陰極與氧氣反應產生電位差發電(如圖 1)。下列為陰陽極之半反應及總反應式：

陽極(電池負極)半反應 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

陰極(電池正極)半反應 $2H^+ + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

總反應 $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O \quad \Delta E = 1.229V$

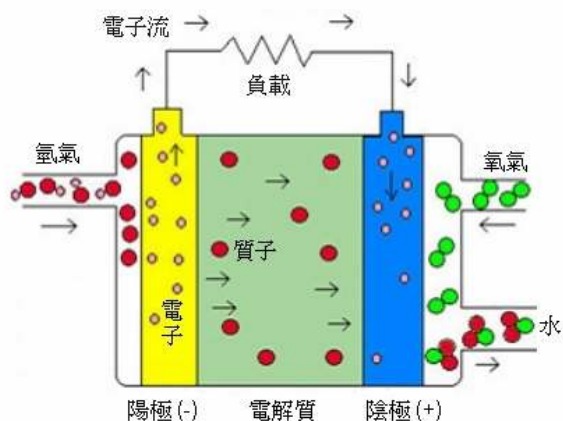


圖 1 燃料電池示意圖

這樣簡單幾行的資料其實對國中生而言還是實在太過艱深，其實我們所要傳達的意思很簡單，只是要說明能源轉換與使用的方式是有許多種的，這樣的燃料電池不僅效率高，而且產物也是無污染的水，更是符合我們夢想中的能源！只是紙上談兵似乎還是不足，如果能以實驗來展示就更棒了！

二、一般燃料電池的示範模組

撇開商用開發的氫燃料電池不說(構造太過複雜，售價更是離譜)，在國中實驗室裡一般若是要演示燃料電池的作用大概就是如圖 2 所展示的實驗裝置(日本進口)，不僅體積大，所需耗用的藥品也較多，發電效能卻僅止於電表測量，售價卻與其功能成反比，少說更在數千至萬把塊！



圖 2 市售的燃料電池教具(日製)

筆者也在幾年前利用廢電池裏的碳棒自行製作了簡易的氫燃料電池(如圖 3~4)，雖然方便，但總覺得放電時間太短，在教學演示上總是少了那麼一點驚喜，主要原因就是碳棒上吸附的氣體還是不夠多，加上主要是利用電源供應器電解產生氫氣與氧氣，總覺得『用電來發電』的感覺還是很奇怪，經過一連串的測試與改良，新版自製氫燃料電池終於成功了！



圖 3 利用廢電池的碳棒當作電極



圖 4 自製的燃料電池可點亮 LED 燈

三、新版高效率氫燃料電池

(一)、 所需材料

廢電池碳棒、底片盒、電腦防塵蓋(不織布材質)、氫氧化鈉、水、音樂卡片、鱷魚夾、鉚槍、焊錫、LED 燈、手壓式手電筒、橋式整流器、線材、0.2mm 漆包線

(二)、 製作方法

1. 氫燃料電池模組

依筆者經驗，上一版簡易型氫燃料電池效率不高主要原因是氣體留在電極上的量太少，所以若能想辦法讓原先電解產生的氣體儘量留在電極上，便可提高自製氫燃料電池的效果，筆者嘗試過許多種不同的材質(必須方便好找又便宜)試圖包覆在電極上以留住大部分的氣體，幾經波折，終於發現原先被視為垃圾的電腦防塵蓋卻是極佳的材料！

一般電腦防塵蓋(現在已經很少人用了)的材質為不織布，不但吸水性、透氣性佳，材質又輕且薄，將其纏繞多層在碳棒電極上即可保存大量電解時產生的氫氣及氧氣。

成品如圖 5~7 所示。



圖 4. 塑膠杯 / 藍色不織布 / 靜電防塵蓋

圖 5：氫燃料電池組



圖 2. 簡易 IC 音樂板

利用一般書局所販售的音樂卡片，拆開後即可發現一個音樂 IC 片，此音樂卡片所消耗的功率極小且僅需 1V 左右的電壓便可驅動，以此當做燃料電池的驅動電器甚為方便，如圖 8~9 所示。

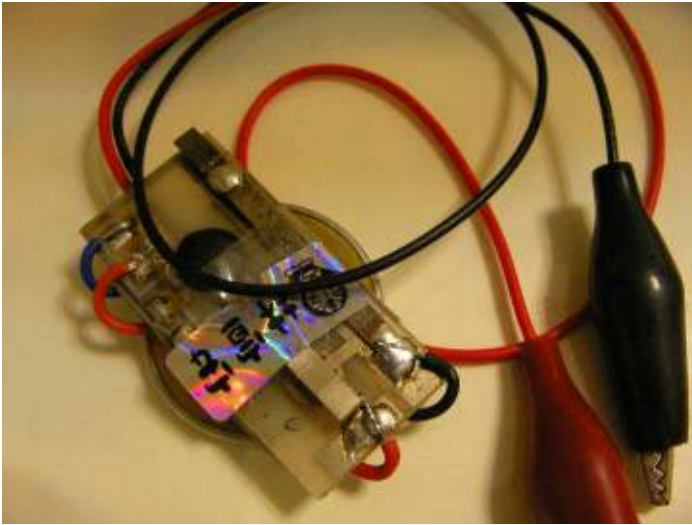


圖 8：音樂 IC 片正面



圖 9：音樂 IC 片背面

3. 手動式發電機

此燃料電池所使用的氫氧來源直接利用電解水取得，原先筆者電解所使用的電源為自製的直交流電供應器(詳見 <http://98.to/台中縣自然科輔導團>)，雖然方便，但因為原本燃料電池的目的即是發電，若再以電源供應器當作能量來源，總覺得美中不足(用『電』來『發電』!?)，所以筆者將市售的手壓式發電機交流電源引出，通過一個橋式整流器，即為一個簡易的手動發電機，產生的直流電壓可達 5V 左右，足以用於一般氫氧化鈉水溶液的電解實驗所需，如圖 10~11 所示。

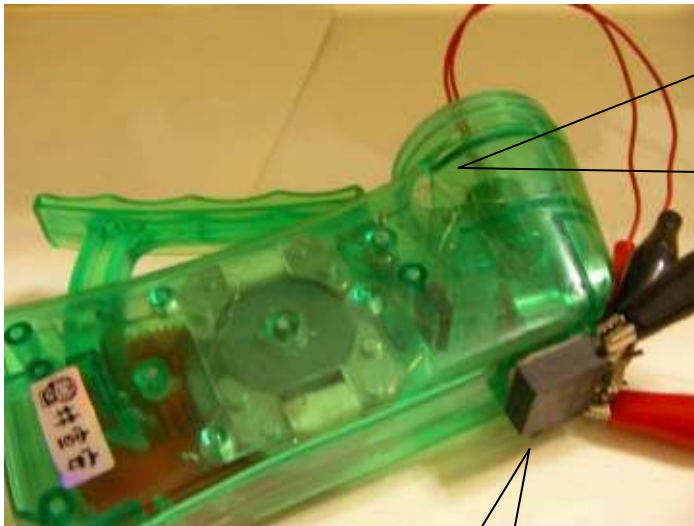


圖 11：將原本電燈的交流電源線引出

圖 10：手壓式發電機

橋式整流器

(三)、開始搖滾

1. 將纏繞好不織布的兩支碳棒放入底片盒中，再將約 1M 左右的氫氧化鈉水溶液滴入底片盒，注意需將不織布全部潤濕。
2. 將手動式發電機的直流正負極分別接上碳棒，並開始押動發電機發電，此目的在於先將不織布內充滿部分氣體，所以第一次電解所需的時間需較久，依筆者經驗至少需 5~10 分鐘，相當累人！所以建議老師若為方便演示實驗，第一次電解可先用電源供應器，再來的(第二次之後)電解即可使手動式發電機，約 1 分鐘即可。
3. 電解好的燃料電池拆下電源端的鱷魚夾後，再接上音樂 IC 片，同樣依原本的正負極連接(正極接氧氣端，負極接氫氣端)，聽到音樂生了嗎？依筆者實驗結果約可使用 2~3 分鐘左右呢(註 3)，如圖 12。比起原先的設計效果(約 10 秒左右)好上許多，因為可以發出聲音，也更方便老師在課堂上的教學演示。若發電 3 分鐘(需二、三人接力，否則會手會壓到抽筋!)，最多甚至可運轉音樂 IC 片長達 7~8 分鐘！
4. 根據筆者實驗的經驗，氫氧化鈉水溶液的濃度也會影響燃料電池的效能。



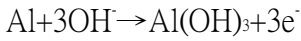
圖 12：燃料電池對音樂 IC 片放電

四、 空氣電池

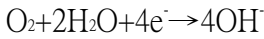
同樣利用廢電池裏的碳棒再外層包上一層衛生紙，利用飽和食鹽水將其完全潤濕，外層再包上一層鋁箔紙，即成了簡單的空氣電池。碳棒為正極，鋁箔為負極，產生的電壓約 0.9~1V，電流約 3~4 mA，將兩個電池串聯甚至可以驅動計算機或電子表。

其中相關空氣電池反應式如下：

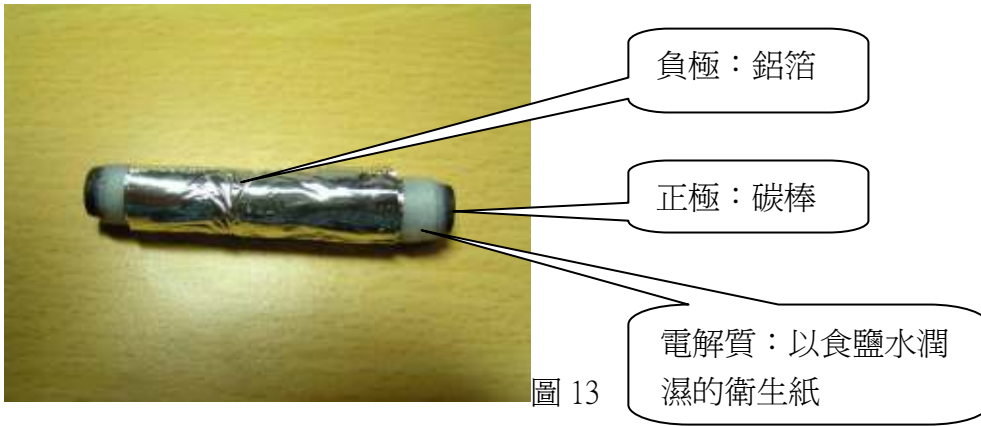
鋁陽極：



空氣陰極：



整體反應：



產生的電壓約
0.9V~1.0V



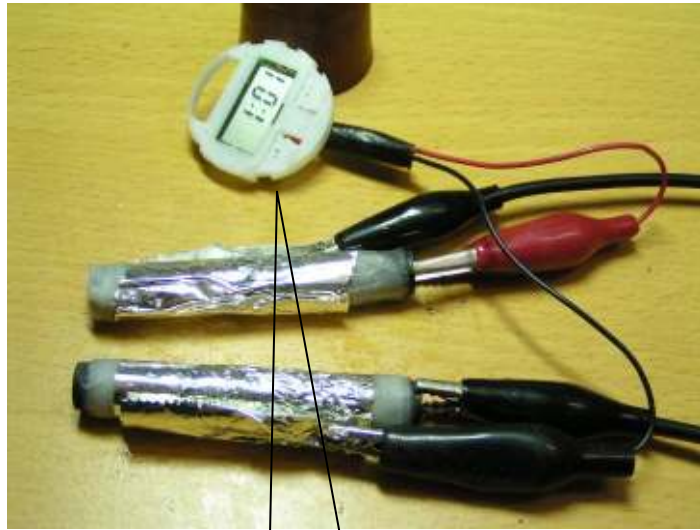
產生的電流約
3.0~4.0mA



圖 16

圖 17

將兩個空氣電池串聯後，可使計算機運轉



要使用電子錶也沒問題！

伍、 實驗設計之二_物理綠色能源：風力發電、太陽爐、太陽能電池的另類應用

一、直流馬達風力發電機

風力發電機的成功與否，最重要的關鍵就在於他的心臟—電動機(馬達)，筆者找遍市面上可以買到的馬達，發現成功的關鍵在於馬達必須是「高電壓」、「低耗電」、「高扭力」的型式，成功率便可增加許多！

〔一〕所需材料及工具

直流馬達〔型號 RF370C，電壓 12V、電流 12mA，2500rpm〕、整流二極體、3V 電池盒、3 號充電電池、3V 腳踏車 LED 警示燈、玩具風扇〔直徑約 19cm〕、500ml 環保杯、二段式開關、 $\Phi 5\text{mm}$ LED、線材、杜邦端子、鉚槍、鉚錫、熱融槍、熱融膠、魔鬼粘

〔二〕電路圖

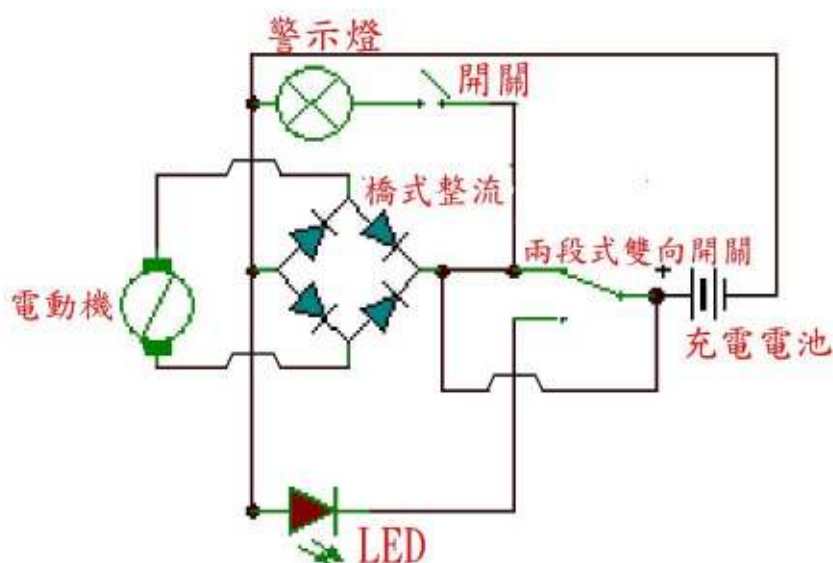


圖 18

〔三〕製作方法

1. 將四個整流二極體排成橋式整流器，將交流輸入端焊接在馬達的接點上，並將馬達以熱熔膠固定在環保杯底部。

註：利用直流馬達所發出來的電原本就是直流電，加上橋式整流的目的是不管風扇順時或逆時轉動，電流皆可以依照我們所期望的方向輸出；且當電池放電時因電流逆向也不會使馬達變成電器造成轉動的現象。



圖 19

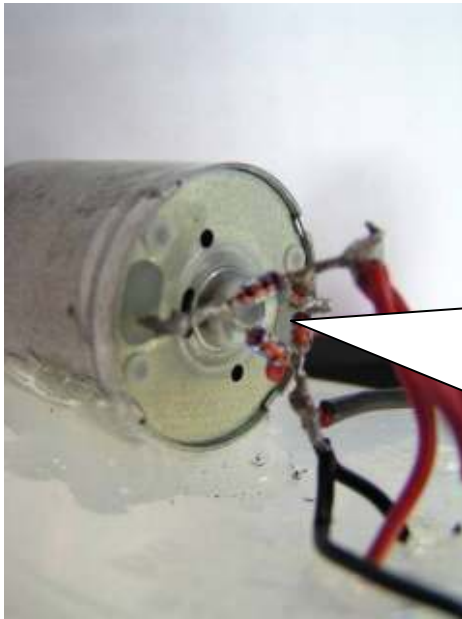


圖 20



圖 21

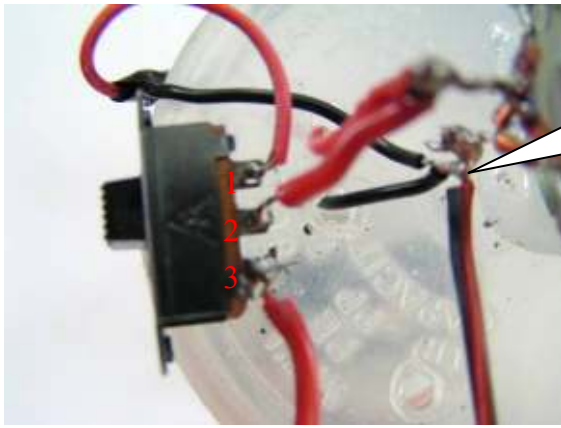
將四個二極體排成橋式整流器

2. 將腳踏車的 LED 警示燈拆開，將正負極焊上電線引出。



圖 22

3. 將電池盒、杜邦端子及警示燈的負極共點焊接在橋式整流的負極輸出端。
4. 將莫氏端子及警示燈的正極分別焊接在雙向開關的第 1、3 點，將橋式整流的正極輸出端焊接在開關的第 2 點上。



電池盒、杜邦端子及警示燈的負極共點焊接在橋式整流的負極輸出端

圖 23

5. 在警示燈及環保杯適當處黏貼上魔鬼粘分辨固定及拆卸。



圖 24

6. 裝上風扇；若風扇的孔洞過大，可在馬達的轉軸貼上適量的膠帶增加厚度即可。



圖 25

〔四〕成品圖



圖 26 側面圖



圖 27 背面圖

〔五〕使用方法

1. 先將充電電池及 LED 燈拆下，在橋式整流的直流輸出處接上三用電表，可測量出此風力發電機產生的電壓約 3.5~4.0V，電流約 20~23mA。



圖 28 產生的電壓約 3.79V



圖 29 產生的電流約 22.8mA

2. 將 LED 燈插入杜邦端子(注意正負極)，並將雙向開關調整至 1、2 通(即接通杜邦端子端的電路)，看！LED 燈亮了。



圖 30

3. 將雙向開關調整至 2、3 通〔即接通警示燈電路〕，打開警示燈開關；閃閃動人吧！



圖 31

4. 因為我們產生的電壓超過 3V 且電流亦不小，故可以直接對充電電池充電。將 LED 燈拆下或關閉警示燈開關，風力發電機所產生的電即可保存在電池內，吹電風扇時順便充電，一舉兩得呢！

註：根據筆者的實驗，利用一般家用的電風扇當作風力來源，對鎳氫電池充電 10 分鐘的電力約可提供警示燈至少 3 分鐘以上的使用。

二、自製風力發電機

如果找不到適合的直流馬達呢？難道我們就束手無策了嗎？當然不！連發電機的主體心臟我們都能自製喔！

〔一〕所需材料及工具

Φ0.15mm 漆包線圈〔0.5kg、一般電子材料店都可以買到〕、Φ15mm 強力磁鐵、整流二極體、3V 腳踏車 LED 警示燈、玩具風扇〔直徑約 19cm〕、500ml 環保杯、Φ5mm LED、線材、杜邦端子、衛生筷、電解電容〔16V，100 μF〕、氣球底座、按扣、底片盒蓋、錫槍、錫錫、魔鬼粘、美工刀、熱融槍、熱融膠

〔二〕電路圖

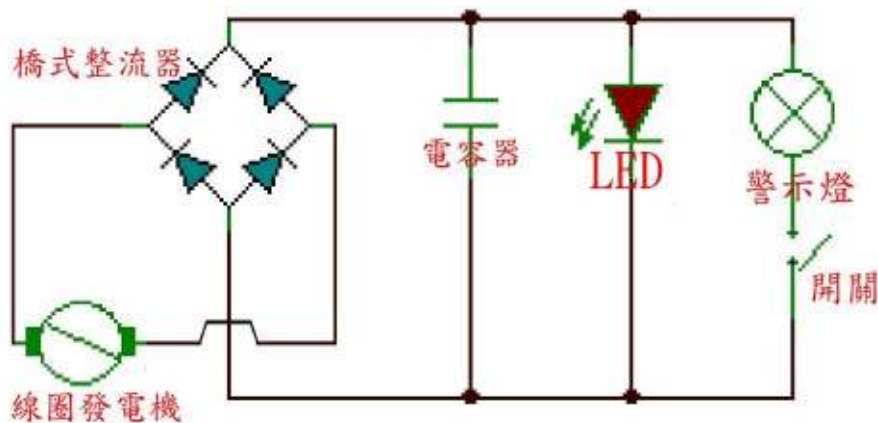


圖 32

〔三〕製作方法

- 將漆包線圈頭尾的漆刮除，焊上導線將其引出連接在橋式整流的交流輸入端。
註：因為直接利用線圈所發出的電沒有經過整流子所產生的電為交流電，所以接上橋式整流器使其轉變成直流電是絕對必要的。
- 將腳踏車的 LED 警示燈拆開，將正負極焊上電線引出。
- 將電解電容器、杜邦端子及警示燈的正負極分別並聯共點焊接在橋式整流的直流正負極

輸出端。須注意正負極不要接錯。

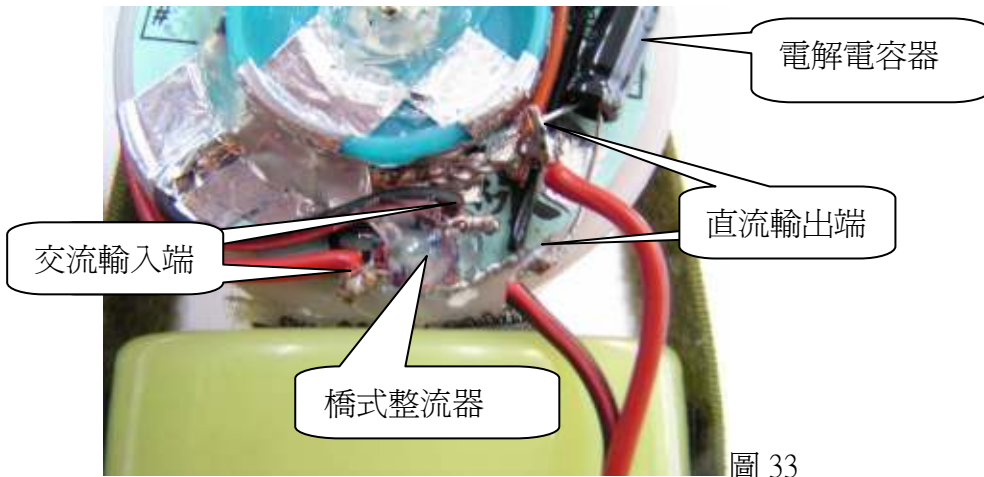


圖 33

- 保留衛生竹筷的前端裁下約 8.5 公分的長度，從尾端將筷子削薄(約 0.5mm 的厚度)並在尾端約 3 公分的長度削成細長狀(如照片所示)，保留前端約 2 公分。



圖 34 正面圖



圖 35 側面圖

- 將兩個氣球用的底座前端切除，其一放入漆包線圈的軸心中，並以熱熔膠固定。

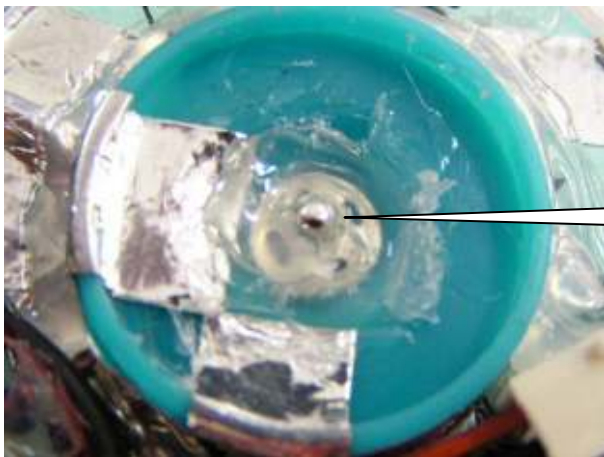


圖 36



圖 37

- 將按扣凸出的一片凹面向內以熱熔膠固定在氣球底座上。



按扣，凸出面向外

圖 38

7. 將底片盒蓋挖出一大小略小於氣球底座的圓孔後再以熱熔膠固定在漆包線圈的另一側。



圖 39

8. 將強力電池 N、S 相對吸在我們做好的竹筷轉軸上，系端向內使其剛好置於按扣的凹槽內，蓋上另一個氣球底座，裝上風扇，再利用魔鬼粘將線圈固定在環保杯上，大功告成啦！



圖 40



圖 41



圖 42

〔四〕成品圖



圖 43 側面圖



圖 44 背面圖

〔五〕使用方法

1. 在橋式整流的直流輸出處接上三用電表，測量出此風力發電機產生的電壓約 5.5V，電流約 0.2mA。



圖 45 產生的電壓約 5.51V



圖 46 產生的電流約 0.24mA

2. 關閉警示燈的開關，裝上 LED 燈，對準風向，看！發電了！

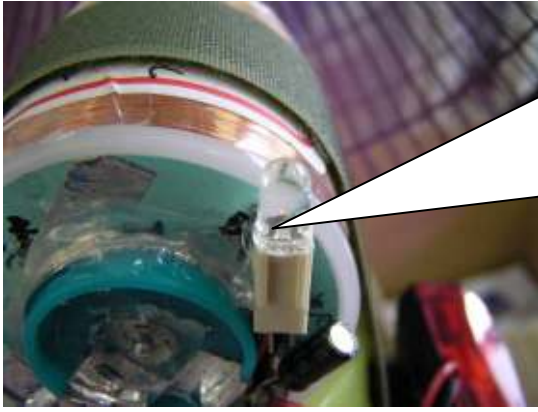


圖 47



圖 48

3. 拆下 LED 燈，選擇警示燈為一亮一暗的區段(配合電容充放電的時間差)，效果不輸直接用電池喔！



圖 49

三、簡易太陽爐

提起人類利用太陽能的歷史，最讓人津津樂道的應該就是兩千多年前阿基米德在敘拉古大敗羅馬大軍的故事。相傳當時羅馬大舉進犯現今位於西西里島的敘拉古王國，羅馬軍艦浩浩蕩蕩的準備從海上登陸，當時的敘拉古國王將軍隊全權交給阿基米德指揮，但阿基米德卻將部隊留在城內，只帶著老弱婦孺，人手一面鏡子前往海灘準備迎敵！敘拉古國王被阿基米德這個違反常理的舉動嚇得半死！阿基米德卻老神在在要國王放心，大伙一群人就在阿基米德的精密計算下，在海灘排成了一個巨大的拋物面鏡，利用地中海炙熱的陽光，反射後聚焦在數百公尺外的羅馬軍艦上，霎時便將羅馬大軍燒個精光！或許這個故事虛構的成分居多，但這把科學之火卻讓每個人大開眼界，也燒出了人們對科學知識的渴望。

當然我們不可能有辦法像 Discovery 頻道的「流言終結者」節目一樣模擬當年阿基米德的實驗，但卻可以利用我們身邊簡單的材料自己做一個小型太陽爐，很好玩喔！

(一)、 所需材料

鋁罐、粗鐵絲(或漆包線)、可旋轉角度的指北針(汽車用品店買的到)、火柴棒、小罐子、銅油、剪刀、熱熔槍、熱熔膠、塑鋼土

(二)、 製作方法

1. 將可旋轉角度的指北針裁掉上端半圓形球體的部分，僅留下黑色的支架備用。



圖 50

裁掉上端透明的半圓形球體

2. 將鋁罐底部利用剪刀剪下，便成了現成的拋物面鏡，再利用銅油反覆多擦幾次即可拋光表面，雖然無法像鏡子一般明亮，但用來會聚光線綽綽有餘了。
3. 將拋光好的拋物面鏡利用熱熔膠固定在原先製作好的支架上，再將底部固定在小罐子上以增加穩定度，並方便收藏拋物面鏡。
4. 在拋物面鏡旁邊利用塑鋼土固定一條粗鐵絲，彎成 L 型，並在前端彎成一小圓圈，約在拋物面鏡的正中央。



圖 51 成品圖



圖 52

裁下鋁罐底部拋光後當作拋物面鏡

5. 校對儀器

將拋物面鏡對準陽光，利用火柴棒即可輕易找到聚焦的位置(最易點燃且最亮最小的亮點)，調整鐵絲使其剛好正對拋物面鏡的中心點且和火柴棒的頭重疊，此時只要觀察鐵絲的圓圈落在拋物面鏡的中心處，便將拋物面鏡對準陽光，會聚光線的效果可達最佳。



圖 53



圖 54

調整校準用的鐵絲與火柴棒，使兩者均在拋物面鏡的中心連線

(三)、 開始燃燒

1. 調整拋物面鏡使鐵絲的圓圈落在拋物面鏡的中心點。
2. 將火柴棒由鐵絲圓圈處慢慢往拋物面鏡中央處移動(保持火柴棒頭的影子和鐵絲圓圈的影子重疊)，可以觀察到光亮的範圍逐漸縮小，而且越來越亮，移到焦點時，不到一秒的時間，火柴棒便點燃了！



圖 55

四、自製照度計

太陽能電池(Solar Cell)就是一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，只要一照到光，瞬間就可產生電能。太陽電池發電是一種可再生的環發電方式，發電過程中不會產生二氧化碳等有害氣體，一般可分為矽基半導體電池、染料敏電池、有機材料電池等。對於太陽電池來說最重要的指標就是轉換效率及量產成本，這也是目前太陽能電池仍無法普及的原因之一。

太陽能電池的基本構造是運用 P 型與 N 型半導體接合而成的，利用 P 型半導體的電洞，與 N 型半導體多了一個自由電子的電位差來產生電流。當光線照射時，光能激發矽原子中的電子，這些電子和電洞均會受到內建電位的影響，分別被 N 型及 P 型半導體吸引，而聚集在兩端，此時外部如果用電路連接起來，形成一個迴路，就可以當作電源了！如圖 61

太陽能電池的原理

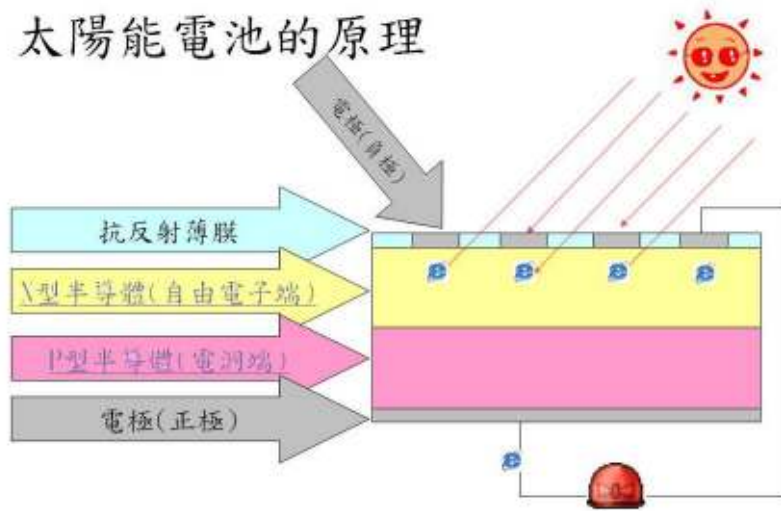


圖 61 太陽能電池構造示意圖

一般太陽能板只要接收到光線就會將其轉換成電能；且光線越強，轉換出來的電壓和電流也就越大。我們製作的照度計即是用這樣的原理，將不同光線下所呈現的電壓〔電流〕經過標準化轉換後就成為簡單又實用的照度計了。

以下是利用電壓標準化的過程

- 〔一〕將太陽能板的正負極和三用電表相接；電表切換至直流電壓最低檔。試試看！在不同光線強度的情況下，電壓是否隨著改變。
- 〔二〕將太陽能板用膠帶固定在照度計的光源接收器上，如此才能確保太陽能板和照度計接收到相同的光量。如圖 56



將太陽能板用膠帶固定在照度計的光源接收器上

圖 56

- 〔三〕在不同亮度下，紀錄下照度計及電表的讀數。可先以照度計為主，在 100~1000Lux 的區塊^(註)內先找出十組數值。

註：1.一般我們會測量的範圍大多在 100~1000Lux 內，且為配合太陽能板的功率上限，故先以 1000Lux 為限。

2.標準化時要注意地點的選擇需為均勻的光線，避免造成照度計接收的光量和太陽能板不同

- 〔四〕將兩組數據輸入 Excel，以「圖表」功能將兩組數據繪成折線圖。

註：電壓部分為配合照度數字，事先統一放大 100 倍。

〔五〕在折線圖上按滑鼠右鍵選取「加入趨勢線」，照度計部分選取「線性」分析；電表部分選取「對數」^(註)分析。

註：太陽能板的電壓有上限的限制，所以採對數分析。

〔六〕剛開始分析數據，其 R-squared 值^(註)可能偏小，這時就要開始進行「微調」的工作；將偏離趨勢線過多的數據重測，使其 R-squared 值慢慢趨近 1。因為同時需兼顧兩個趨勢線，所以可斟酌要先以電壓為主或照度為主。

註：1. 這個步驟最為重要，牽涉到自製照度計標準化的結果，需要一些耐心來調整！

2. R-squared 值是指測量值與趨勢線的相關係數，越接近 1 表示相關性越高。

〔七〕標準化後可到兩個方程式，以筆者實驗後的數據為例：

Lux	142	248	328	480	562	701	790	915	1014
V(X100)	126.2	131.6	135.6	138.1	140.0	141.8	143.2	144.2	145.4

照度數值的趨勢方程： $Lux=110.57X+22.722\cdots\cdots(1)$ $R^2=0.9979$

電壓數值的趨勢方程： $V=0.827\ln(X)+125.9\cdots\cdots(2)$ $R^2=0.999$

將(1)、(2)式合併可得到 $Lux = 110.57 \text{ EXP} [(V-125.9) / 0.827] + 22.722$

〔八〕將以上所得的轉換公式以 Excel 處理，即可輕易將太陽能板的電壓轉成標準化的照度。如圖 57

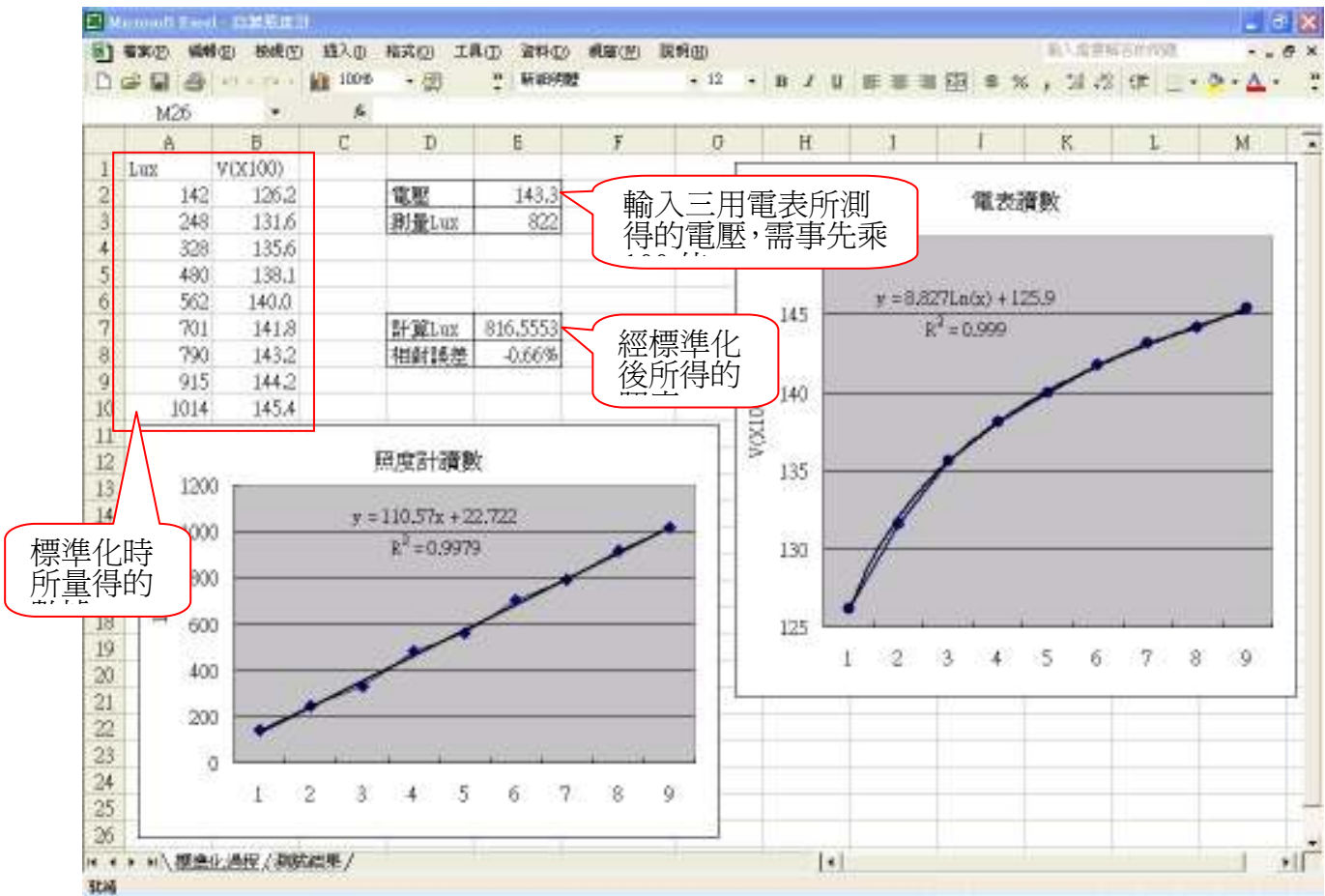


圖 57

將自製的照度計在不同亮度的地方測試，為方便起見，直接以檯燈調整高度以獲得不同的照度。結果如下：

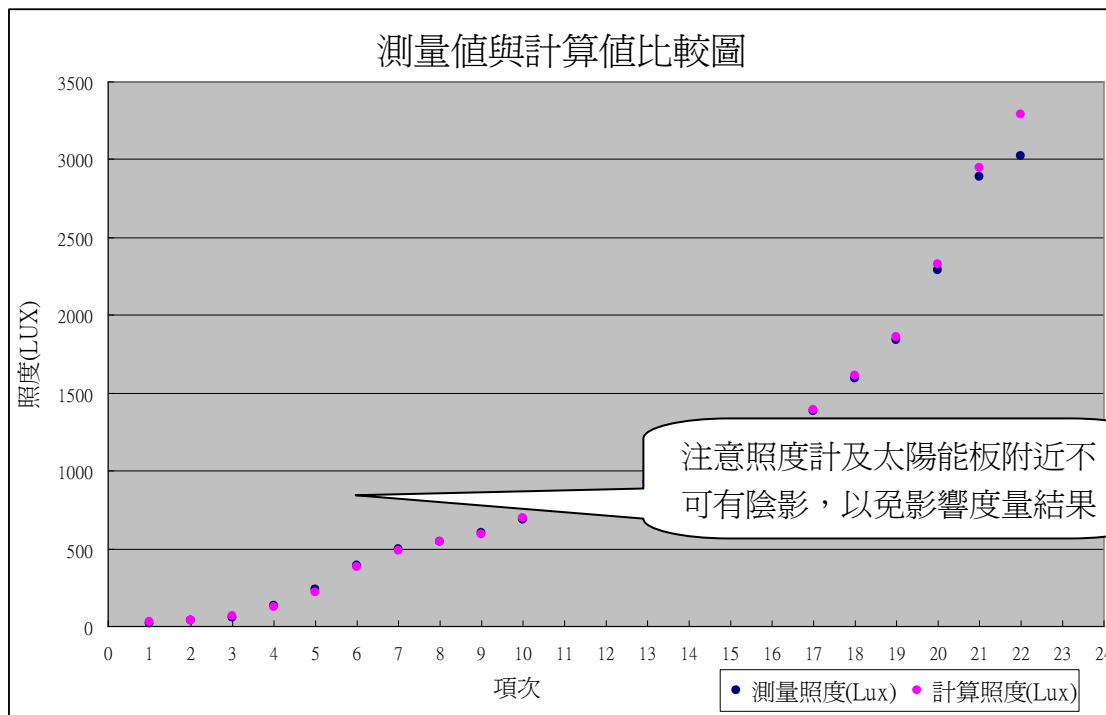


圖 58

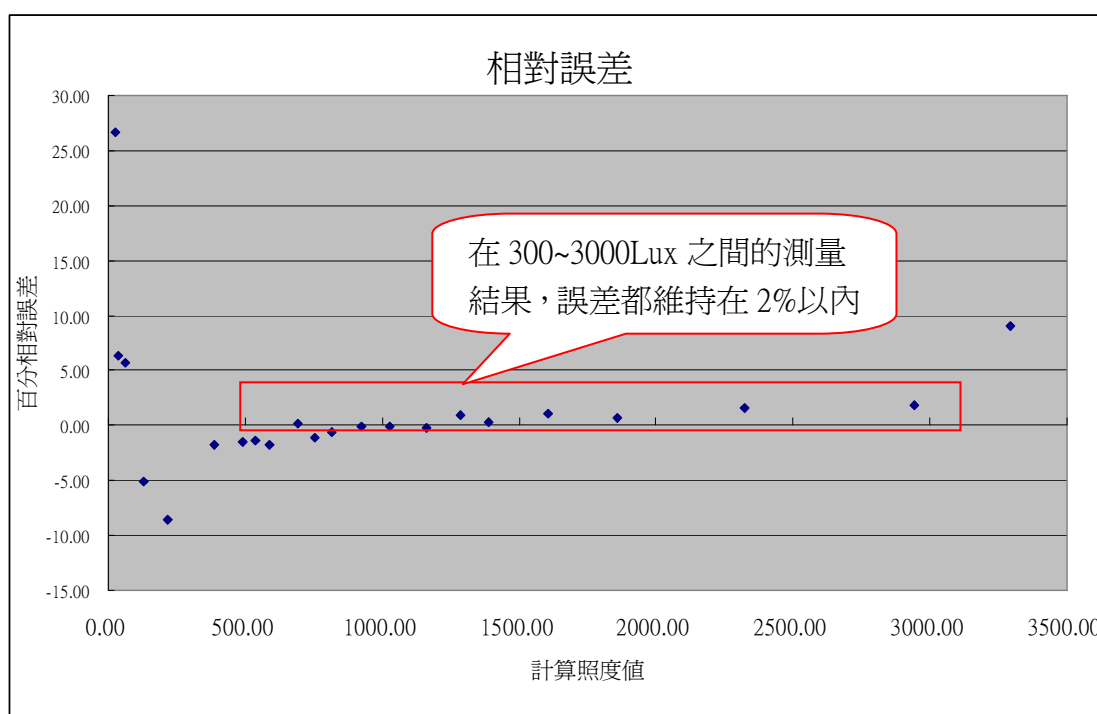


圖 59

雖然在標準化的過程中筆者只做到 100~1000Lux，但測試時發現，在 3000Lux 以下相對誤差都還能維持在 1% 左右；3000Lux 以上相對誤差就衝到了 9%。在較低照度〔300Lux 以下〕的時候相對誤差就比較大了〔約在 5%~8%〕，至於更低的照度〔20Lux 以下〕誤差就高達了 27%！

所以根據以上的測試結果，我們自製的照度計在 300~3000Lux 之間其數值是足以參考的

〔原本標準化所使用的照度計本身就有 5% 的誤差〕；但當照度太高或太低時，太陽能板的電壓就容易脫離我們的預測值，誤差也就提高了！

如果利用電流測量呢？結果十分有趣，對應出來的方程式非電壓須採對數分析，照度與電流呈現正比的關係。結果如下：

將三用電表調整至 100mA 的檔位，如上述利用電壓標準化的方法，找出電流和照度的趨勢線 R-squared 值均接近 1 時，可得兩個方程。和電壓不同的是，利用電流所標準化的結果，兩組數據都呈線性方程。如圖 29

Lux	350	416	492	548	620	680	745	805	870
mA(X1000)	26	30	34	37	41	44	49	52	57

照度數值的趨勢方程： $Lux=64.75X+290.25\cdots\cdots(1) \quad R^2=0.9994$

電壓數值的趨勢方程： $mA=3.7833+22.194\cdots\cdots(2) \quad R^2=0.9976$

將(1)、(2)式合併可得到 $Lux = [(mA-22.194)/3.7833]*64.75+290.25$

再將以上所得的轉換公式以 Excel 處理，即可輕易將太陽能板的電流轉成標準化的照度。

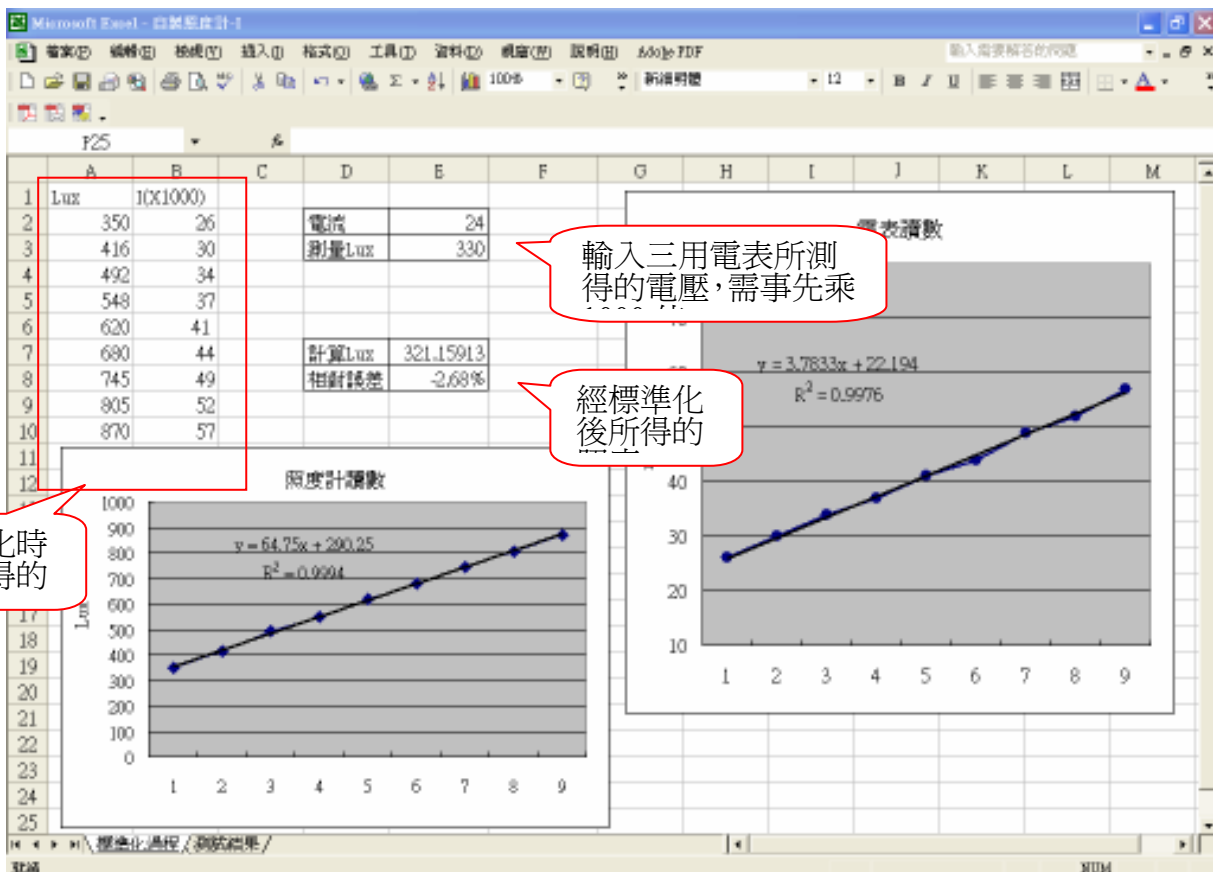


圖 60

五、無線光傳輸

太陽能電池(或稱太陽能板)對光線的照射量是很敏感的，也是因為這樣的原因，我們將其運用成爲自製的照度計，效果還不錯！加上一次的研習活動中曾看過日本學者將太陽能電池上放上弦線，撥弦後因爲在太能能電池上形成的陰影，放大訊後後竟然也可成爲一個有趣的「光電吉他」(如圖 62)，如此有趣的另類應用，更可增加學生對太陽能電池的認識，經過一

連串的測試後，筆者又將其改良成一個「無線光傳輸裝置」，很有趣的喔！

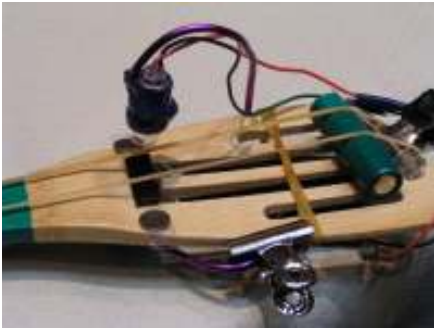


圖 62 日本學者發展的光電吉他

(一)、 所需材料

3V mA 太陽能板(SANYO)，3.5mm 立體聲耳機插座，收音機(或 MP3 隨身聽)，喇叭單體、3V 雷射光筆，擴大機、壓克力板(工藝作品的廢料，厚紙板亦可)、整流二極體、LED 燈

(二)、 製作方法

1. 光能接收器製作

- (1). 將太陽能板並聯兩個(讀者可自行測試，若太陽能板轉換效率較高，一個亦可)，固定在壓克力板上。
- (2). 將耳機插座的絕緣塑膠剝去，將兩條音源線接成一條，另外地線獨立成一條
- (3). 將太陽能板的兩極(不分正負)連接上耳機插座的兩端，再利用膠帶固定。
- (4). 成品圖，圖 63



圖 63 光能接收器

2. 聲音光源發射器製作

※以下作法為筆者將電腦喇叭改良的擴大機，讀者可參考並依照相同原理改造市售的擴大機亦可完成相同作用的教具。

- (1). 將 LED 燈並聯數顆，並固定在紙盒上。
- (2). 將擴大機輸出端的喇叭線其中一端連接上整流二極體。
- (3). 再將連接上二極體的喇叭線依正負極(整流二極體畫線的一端為正極)與 LED 燈焊接在一起。
- (4). 成品圖，圖 64~65



圖 64 將聲音轉換成光源

3. 遠距雷射光源發射器製作

- (1). 拆下雷射光筆的電池
- (2). 將光筆的筆身烤漆刮除一小部份，再將整流二極體的負極焊接在筆身上。
- (3). 依照擴大機的輸出電壓串聯上一段合適的電阻，以符合雷射光筆的 3~4.5V 電壓。
- (4). 成品圖，圖 66



圖 66 改裝雷射光源

(三)、 開始搖滾

- (1). 將收音機(或 MP3 播放機)連接在自製的擴大機上，並將擴大機的輸出端(原本連接喇叭的線)連接 LED 燈
- (2). 開啓收音機，看看 LED 燈是否開始隨音樂明暗變化。
- (3). 將光能接收器連接在另一個擴大機的輸入端，另一輸出端連接上一個喇叭。
- (4). 將光能接收器對準 LED 燈，當接收到的光能不一樣，產生的電流也隨之改變，再經由擴大機放大訊號後，就聽到收音機的聲音了，如 67。
- (5). 可試試看將太陽能板用手遮住，聲音就不見了！若距離遠一點，聲音也會變得較小聲。
- (6). 將 LED 燈換成雷射光筆，因為雷射光的光線不發散，即使光能接收器在數十公尺遠(依筆者的教具約可 30 公尺)，依然可清晰聽到音樂聲

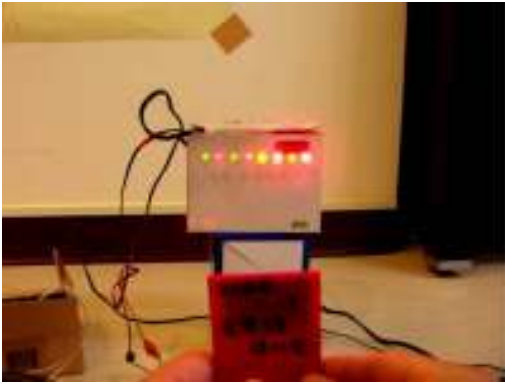


圖 67 太陽能板接收聲音光源，再轉換成聲音

陸、 結論

這幾年或許是因為高爾的推波助瀾，讓大家普遍開始意識到這是一個資源有限的時代，環保綠色能源的開發與應用已經不單純是少數科學家或企業家的問題，而是一個全民一起努力的運動！從教育的立場而言，若可以讓我們的孩子了解更多環保能源的使用與資源再生的觀念，也許是老師在課業成績之外另一個更重要的課題，也是這個教材希望可以傳遞的主要精神。

柒、 後記

記得某家新聞台在播報台灣經典小吃系列單元時曾不只一次說過，「當老店注入新創意，就可以永續經營。」教學何嘗不是如此，經常聽見老師們埋怨教學資源不足或經費不夠或教學環境變質的同時，與其抱怨「三隻小豬」，不如發揮老師的創意，老東西也可以有新生命，一邊教學一邊玩樂，讓我們的學習可以更加多元活潑，一綱幾本根本不是重點，「本」就在老師腦袋中。況且自然科學說穿了就是存在於我們身邊的所有東西，只要您可以稍稍停下腳步，換個角度換個心情來看這個世界，你會發現生活中處處是教材，這也許正是自然科學的有趣之處，也是自然科老師可以比其他領域的老師教的更精彩的優勢，所以筆者近幾年來一直在推廣「實驗融入教學」，並鼓勵老師開發「生活中的教材」，很難嗎？試試看，你會愛上這種感覺，你會重新找回自己對自然科學那份最原始的熱忱，也唯有老師真正自己對自然科學感興趣才能將這股熱忱傳達給學生，國中自然科教育的目的不正就是如此而已嗎！

教導我們的孩子如何去欣賞一場精采的球賽，應該比訓練他們都成為國手要來的實際而且更有意義吧！

捌、 參考資料

張惠博(1993)：邁向科學探究的實驗教學。教師天地，62，12-20。

李青松(2004)：演示教學之特質與其效用。國立台灣師範大學物理學系碩士論文，未出版。台北市。

林淑榜、張惠博、陳錦章(2003)：個案教師的教學信念對演示教學行動影響之探究。中華民國第十九屆科學教育學術研討會。

林淑榜、張惠博(2003)：演示教案對教師教學與學生轉動概念學習成效之個案研究。2003 物理

教學與示範研討會。

林淑楞、張惠博、段曉林(2005)：透過科學演示教師教了什麼，學生學了什麼？。2005 物理教學與示範研討會(暑期)。

謝奇文、陳泰利、朱慶琪、張元翰、易台生、陳鎰鋒(2006)：普通物理與普物實驗演示教學發展-以中央大學為例。2006 物理教育學術研討會。

劉朝福(2003)：電學教學演示用教具：便宜的 Van de Graaff 起電器之製作研究。國立高雄師範大學物理學系碩士論文。

林宣安(2006)：彩色監視器在教學上的妙用_前篇。康軒教學新視界，95 年 12 月號。

林宣安(2007)：彩色監視器在教學上的妙用_續篇。康軒教學新視界，96 年 4 月號。

林宣安(2007)：人類文明的推手。台北市：國立臺灣科學教育館。

林宣安(2004)：廢電池再生。科學研習雜誌，43 卷第 8 期。

林宣安(2006)：發電高手。科學研習雜誌，45 卷第 2 期。

林宣安(2006)：風車轉轉。科學研習雜誌，45 卷第 7 期。

林宣安(2008)：自製照度計。科學教育月刊，311 期。