

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 生活與應用科學科

030812

愈走愈來電－腳踩發電機之研究

學校名稱：臺北市立北安國民中學

作者： 國一 劉璦瑜	指導老師： 李淑宜
-------------------	------------------

關鍵詞： 發電機、直流電、交流電

愈走愈來電—腳踩發電機之研究

摘要

全球暖化愈來愈嚴重了，當大家開始注重環境保護及能源的開發時，日常生活中的能源更要善加利用。人們每天上學、上班、逛街或郊遊，皆少不了走路，若能利用走路來產生能源，確實能減少電力的消耗呢！在實驗中，將先研究原理和腳踩發電機最類似的手壓發電機的構造，觀察其電壓及電流，並依序利用二極體和橋式整流來調整它的電壓及轉換它的電流，最後接上可穩壓的電容，裝置在鞋底，就製成了能讓電池充電的「腳踩發電機」了。

壹、研究動機

我從小就喜歡玩手壓發電手電筒，且對這方面的知識很感興趣；國小六年級的自然課中關於電磁作用的課程（康軒六上課本第四單元），更激起了我的好奇心。

後來，我在網路上搜尋有關發電機的資料時，忽然想到：如把手壓發電手電筒的燈泡改成充電電池，不就能將發電機所發出的電儲存起來了嗎？可是人又不能像發電廠那樣持續的按壓手電筒。直到有一次假日，我們全家去逛街，我走到腳酸後忽然想到：如果把手壓發電手電筒裝置在腳下，並接上電池的話，當人們行走時，不就能「邊走邊發電」了嗎？人們每天上學、上班，一直到走路回家、假日出外郊遊，走路的量累積下來十分多。如能充分利用生活中的走路來充電的話，也許能減少許多用電量。

因為這個突如其來的構想，我決定藉著這次科展，著手製作「腳踩發電機」。

貳、研究目的

- 一、了解手壓發電機的電壓大小及電流種類。
- 二、觀察手電筒中哪樣零件可轉換電流。
- 三、實驗接上二極體，是否能轉換電流，並使燈泡發亮。
- 四、實驗利用橋式電路來整流是否可改善電壓減少的情況。
- 五、比較接上電容後，發電機電壓的改變情形。
- 六、實驗電路在有、無接電容時，是否能順利充電，其效果如何。
- 七、製作腳踩發電機對照模型及實體。
- 八、進行實體試踩，測試其效果。
- 九、改良設計及找出發電量高的手壓發電機。

參、研究設備與器材

電壓表、烙鐵、鉚錫、電線（紅白兩色）、砂紙、膠帶、保麗龍膠、剪刀、美工刀、麵包板（便於連接電線的器材）、手壓發電手電筒、螺絲起子、鱷魚夾、電池盒、二極體、電容、1.2 伏特充電電池、馬達、風扇葉片、膠帶台、夾子、潤滑油、小刷子、MP3、步鞋、拖鞋。

肆、研究過程及方法

【實驗一】：了解手壓發電機的電壓大小及電流種類。

一、實驗器材：手壓發電手電筒、電壓表、鱷魚夾、螺絲起子、剪刀、膠帶、砂紙。

二、實驗步驟：

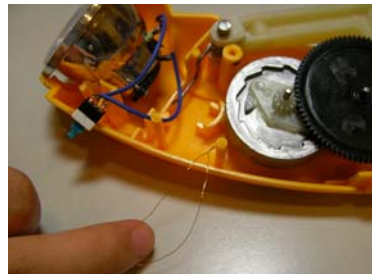
- （一）拆解手壓發電機，露出內部（照片 1、2）。
- （二）剪下連接發電機與燈泡的線（照片 3）。
- （三）用砂紙將線的前端磨乾淨（照片 4）。
- （四）用鱷魚夾和膠帶連接線和電壓表的接頭（照片 5、6）。
- （五）按壓發電機，使其轉動。
- （六）將電壓表分別調到直流和交流，各做 20 次，觀察並記錄。



照片 1 用螺絲起子拆解手壓發電手電筒。



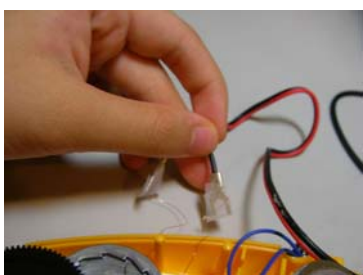
照片 2 手壓發電手電筒內部。



照片 3 連接發電機與電燈泡的線。



照片 4 用砂紙將線的前端磨乾淨。



照片 5 用膠帶連接鱷魚夾和發電機的線。



照片 6 鱷魚夾的另一端夾住電壓表的接頭。

【實驗二】：觀察手電筒中哪樣零件可轉換電流。

一、實驗器材：手電筒中發電機以外的部分、螺絲起子。

二、實驗步驟：

（一）將手電筒中除發電機外的部分拆下觀察（照片 7、8）。

（二）上網找尋這些零件的相關資料，找出使交流電轉為直流電的零件。



照片 7 手電筒內部拆解。



照片 8 左為發電機部份、右為燈泡及其他零件部份。



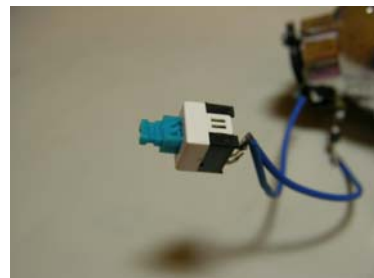
照片 9 手電筒燈泡部份。



照片 10 燈泡及其他零件。



照片 11 電池。



照片 12 手電筒電源開關。



照片 13 LED 燈泡



照片 14 電阻。



照片 15 二極體。

【實驗三】：實驗接上二極體，是否能轉換電流，並使燈泡發亮。

一、實驗器材：手電筒發電手電筒、烙鐵（焊接的工具，照片 18）、錫、電池盒、砂紙，電線。

二、實驗步驟：

（一）拆下連接燈泡的二極體（照片 16）。

（二）拉出連接發電機的兩條線，用砂紙將前端磨乾淨（照片 17）。

（三）將二極體焊在其中一條線上（照片 19）。

- (四) 將發電機的兩條線焊上電池盒的兩端 (照片 20)。
- (五) 把電壓表調為 DC，接頭碰觸電池盒的兩端 (照片 21)。
- (六) 按壓把手，使發電機轉動，重覆 20 次，觀察並記錄其電壓。
- (七) 用兩條電線連接電池盒的兩端和 LED 燈泡 (照片 23)。
- (八) 連續按壓發電機把手，觀察燈泡有無發亮 (照片 24)。
- (註：因用膠帶固定容易造成接觸不良，而改用焊接)



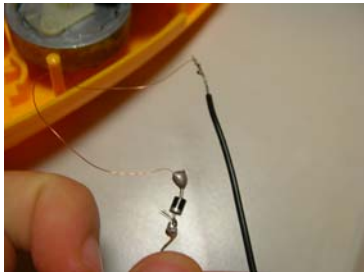
照片 16 拆下二極體。



照片 17 用砂紙將線的前端磨乾淨。



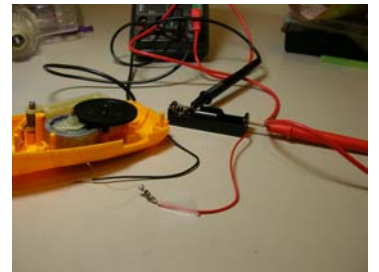
照片 18 烙鐵 (焊接的工具)。



照片 19 將其中一條電線焊上二極體。



照片 20 發電機焊上二極體及電池盒。



照片 21 電壓表的接頭接上電池盒的兩端。



照片 22 燈泡、電線、電池盒及發電機 (含二極體)。



照片 23 連接起來的樣子。



照片 24 用手連續按壓發電機，看燈泡有無發亮。

【實驗四】：實驗利用橋式電路來整流是否可改善電壓減少的情況。

一、實驗器材：二極體 4 個、電線、電壓表、手電筒發電機部分 (不含之前接的二極體及電池盒)、烙鐵、鉚錫、麵包板 (照片 26~28)、橋式整流電路圖 (照片 25、圖一)。

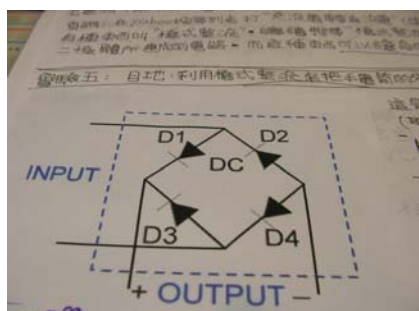
二、實驗步驟：

- (一) 將電線焊上連接發電機的兩條線 (照片 29)。
- (二) 對照「橋式整流」電路圖 (圖一)，將 4 個二極體插入麵包板 (照片 30)。
- (三) 把和發電機連接的兩條電線，對照電路圖，插入麵包板 (照片 31)。

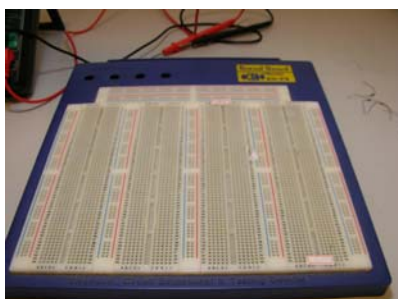
(四) 將電壓表的紅色接頭（正極），碰觸電路圖中 D1 和 D3 的夾角、黑色接頭（負極）碰觸 D2 和 D4 的夾角（照片 32）。

(五) 完成「橋式整流」的電路後，將電壓表調為 DC，按壓一次發電機。

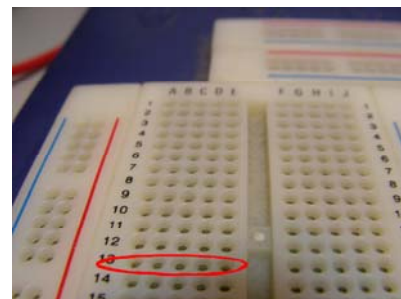
(六) 重覆做 20 次，觀察並記錄。



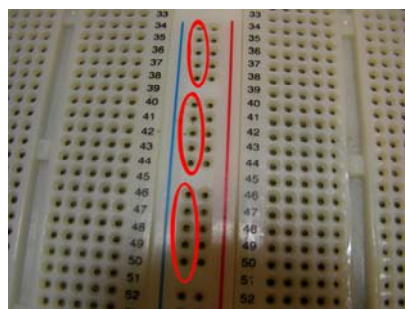
照片 25 橋式整流電路圖。



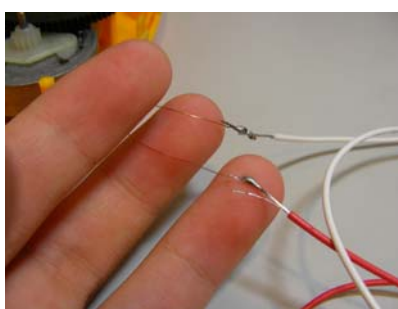
照片 26 方便連接電線的工具—麵包板。



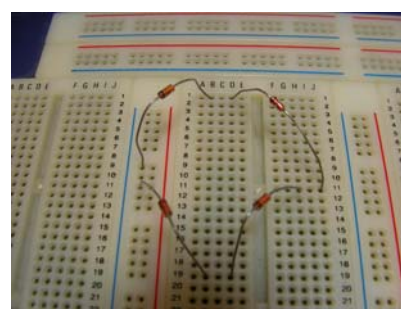
照片 27 麵包板上第 13 行（紅圈部份）的小洞，皆是互相連接的（電是可以相通的）。



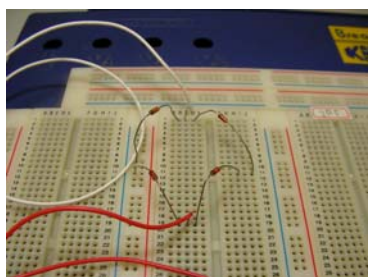
照片 28 麵包板上畫有藍色直線的一直行（紅圈部份）的小洞，皆是互相連接的。



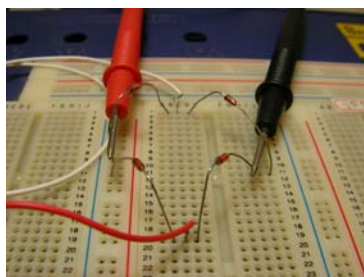
照片 29 將一紅一白的電線焊上連接發電機的兩條線。



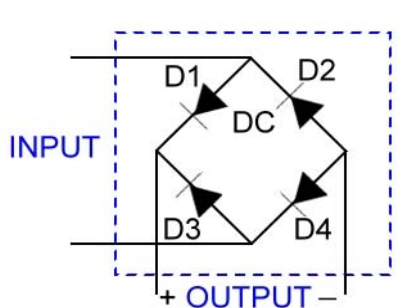
照片 30 將二極體插在麵包板上。



照片 31 將連接發電機的電線插上麵包板。



照片 32 將電壓表的接頭碰觸電流輸出的地方。



圖一 橋式整流電路圖。

【實驗五】：比較接上電容後，發電機電壓的改變情形。

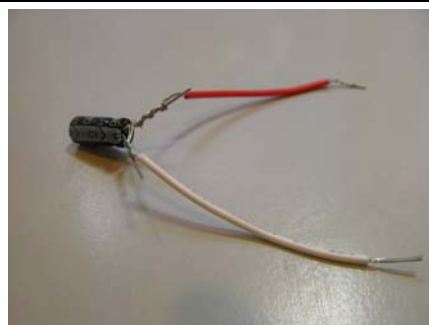
一、實驗器材：電容、電線（紅、白，以分辨正負極）、實驗四中完成的電路（含發電機、橋式電路）、電壓表。

二、實驗步驟：

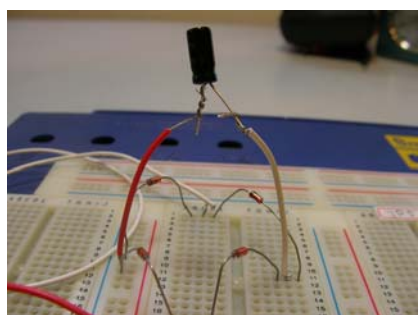
- (一) 將紅、白的兩條電線接上電容，紅色接正極、白色接負極（電容上有灰色線的那端是負極，照片 34）。
- (二) 將電容接上實驗四中完成的電路，把電容的正極（紅線）接在 D1 和 D3 的夾角、電容的負極（白線）接在 D2 和 D4 的夾角（照片 35）。
- (三) 電壓表的正極接頭碰觸 D1 及 D3 的夾角，負極接頭碰觸 D2 及 D4 的夾角（照片 36）。
- (四) 按壓發電機一次，觀察並記錄電壓的變化，重複做 20 次。
- (五) 將電容拆除，重複 3、4 步驟，比較有無電容時的差別。



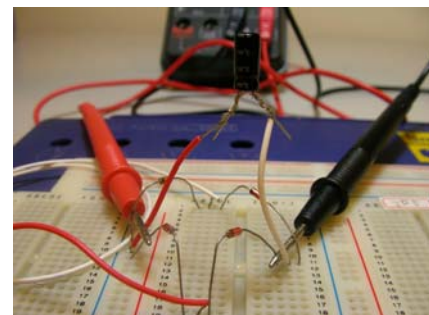
照片 33 可穩壓的電子零件－電容。



照片 34 電容上有灰色線的那端是負極。



照片 35 將電容接上麵包板。



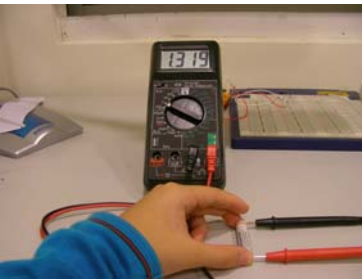
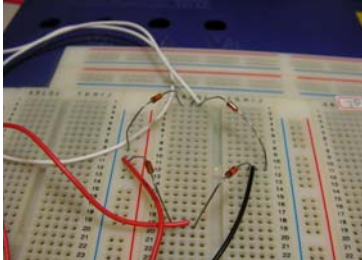
照片 36 將電壓表的兩個接頭去碰觸電流輸出的地方。

【實驗六】：實驗電路在有、無接電容時，是否能順利充電，其效果如何。

一、實驗器材：1.2 伏特充電電池 2 個、電池盒、實驗五中完成的電路（含橋式電路、發電機、電容）、馬達、風扇葉片、夾子、重物（這裡採用膠帶台）、電壓表。

二、實驗步驟：

- (一) 測量並記錄充電電池的電壓（照片 37、38）。
- (二) 將電池放入電池座後連接裝上葉片的馬達，固定在重物上使其放電（照片 40、41）。
- (三) 當葉片不再轉動時，卸下電池，測量放電後的電壓。
- (四) 將放電後的電池（連電池盒），接上實驗五中完成的電路。電池盒的正極依照電路圖，接在 D1 及 D3 的夾角，負極則接在 D2 及 D4 的夾角（照片 43）。
- (五) 將電壓表的接頭碰觸電池盒的兩端，隨時注意實驗中電池電壓的變化（照片 42）。
- (六) 按壓發電機 60 次，記錄電壓的變化，重複做 20 次。
- (七) 拆下電容，重複步驟 1~6，實驗無接電容時是否可幫電池充電（照片 44、45）。

 照片 37 測量電池放電前的電壓。	 照片 38 測量電池放電前的電壓。	 照片 39 夾子及重物構成的台子。
 照片 40 放電裝置。	 照片 41 讓電池放電，使馬達轉動。	 照片 42 將電壓表的兩個接頭，分別接上電池盒的兩端。
 照片 43 測量放電完的電壓，並接上實驗六中的電路。	 照片 44 去除電容的電路。	 照片 45 測量放電完的電壓，並接上不含電容的電路。

【實驗七】：製作腳踩發電機對照模型和實體。

一、實驗說明：

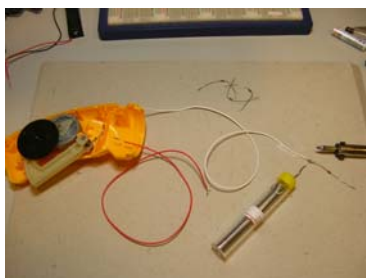
實驗七分為以下兩個部分：

- 1.利用前面實驗中所改造的手壓發電機來製作腳踩發電機模型。
- 2.將新買的手壓發電機改造為實際可以穿戴及使用的腳踩發電機。

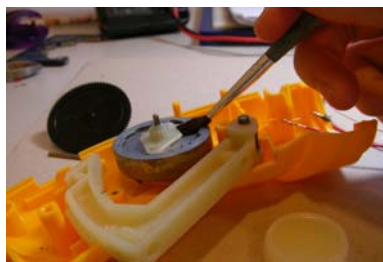
二、製作模型：

（一）實驗器材：美工刀、白膠、膠帶、雙面膠、2 個保麗龍盒（2 個盒蓋及下底）、烙鐵、錫錫、實驗六中（含電容）的電路、彩色筆、潤滑油、小刷子、大紙板、手電筒另一半的外殼、螺絲起子、螺絲釘、橡皮擦、鞋子。

（二）模型製作過程：利用照片 46~75 來說明「實驗步驟」。



1. 將麵包板上的電路移至於紙板上焊接，並用電壓表測量發電機按壓時的電壓，檢查電路是否接通。



2. 將潤滑油塗在轉輪上，以減少旋轉時的摩擦。



3. 手電筒外殼有固定轉輪的凹槽，為避免轉輪完成後無法固定，因此將外殼加入裝置中。



4. 保麗龍盒（盒底及盒蓋）。



5. 將保麗龍盒盒底緊鄰著放，鞋子置於上方。



6. 用彩色筆描繪鞋子邊緣。



7. 沿著彩色筆線條，割下鞋子形狀。



8. 完成第 7 步驟。



9. 在原本是 2 盒底緊鄰的地方塗上白膠。



10. 將它黏起來。



11. 將步驟 8 完成的鞋子形狀，置於保麗龍盒盒蓋上。



12. 描邊後用美工刀割下。



13. 完成第 12 步驟。



14. 如步驟 9。



15. 割下多餘的保麗龍。



16. 上為用保麗龍盒蓋做成的「鞋蓋」，下為用盒底所做成的「鞋底」。



17. 將發電機側著邊置於鞋底上，用筆描繪其形狀。



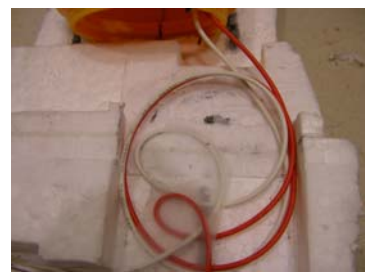
18. 將對齊把手部份、及外殼外凸部分的保麗龍割掉。



19. 畫線部份為電線通過鞋跟到鞋尖的地方。



20. 將畫線部份割掉。



21. 將發電機電線用膠帶固定於此。



22. 其餘電路零件（橋式整流電路、電容、電池盒）則置於鞋尖部份。



23. 在鞋蓋的下方挖出一橫溝，以配合發電機上方凸起。



24. 我發現發電機把手因長度不夠而無法碰觸地面。



25. 因此黏上一塊橡皮擦，以增加長度。



26. 改良過後的把手。



27. 製作完成並貼上雙面膠的鞋底及鞋蓋。

三、製作實體：

(一) 實驗說明：在這個實驗中，因要製作兩台腳踩發電機（有兩隻腳）而會有第一台及第二台手壓發電手電筒之分。為方便解說，我將第一台手壓發電手電筒取名為「F1」、第二台為「F2」，這裡的 F 代表手電筒（Flashlight）。



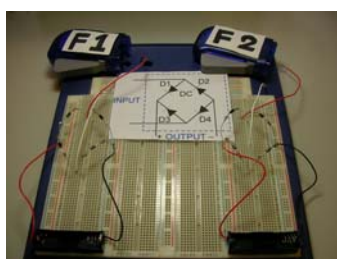
照片 76 手壓發電手電筒。

(二) 實驗器材：手壓發電手電筒（F1、F2）、電壓表、螺絲起子、剪刀、美工刀、砂紙、烙鐵、鉚錫、8 個二極體、2 個電容、橋式整流電路圖、一雙厚底布鞋、厚底拖鞋、電線（紅白兩色）、馬達、葉片、重物、夾子、小刷子、潤滑油、2 個電池盒、麵包板、大紙板、2 個 1.2v 充電電池。

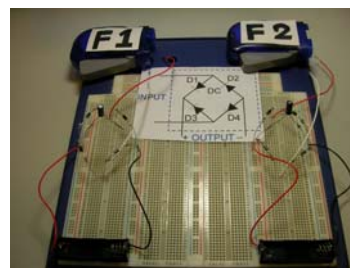
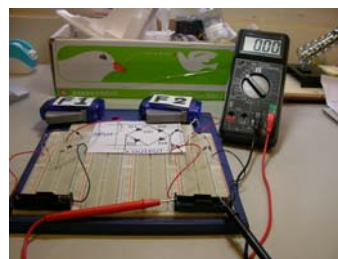
(三) 實體製作過程：利用照片 77~103 來說明「實驗步驟」。



1.仿實驗一的方法，測量 F1 及 F2 的電流及電壓



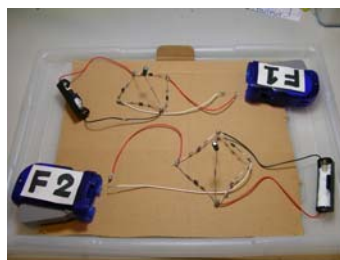
2.若電壓已達大於 1.2v 的標準，仿實驗四的方法，測量 F1 及 F2 經橋式整流後的電壓。



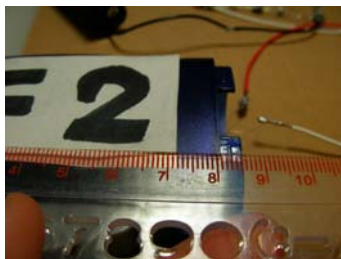
3.仿實驗六的方法，實驗 F1 及 F2 接上含有電容的橋式電路，是否能順利幫電池充電。



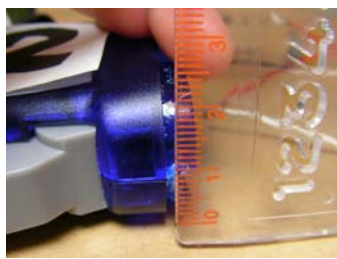
4.在 F1 及 F2 內部的轉輪部分塗抹潤滑油，以減少摩擦。



5.比較實驗一、四、六的電壓數據，確認 F1 和 F2 的電流已整流為 DC、電壓已達大於 1.2v 的標準、且能順利幫電池充電後，將電路從麵包板移至於大紙板上，焊接電路中的各個連接點。



6. 測發電機的長度（約 8.5 cm）。



7. 測量發電機的寬度（約 2 cm）。



8. 即將裝置腳踩發電機的鞋子



9. 在鞋底要割掉處做記號。



10. 割掉做記號的部分。



11. 修邊。



12. 鞋底完成圖。



13. 取一隻厚底拖鞋。



14. 將拖鞋的多餘部分剪掉。



15. 留下拖鞋的底。



16. 對照鞋底的凹槽，在拖鞋上用麥克筆做記號。



17. 將拖鞋上做記號的地方割掉。



18. 在拖鞋上塗滿保麗龍膠。



19. 發電機裝置於鞋底的凹槽中。



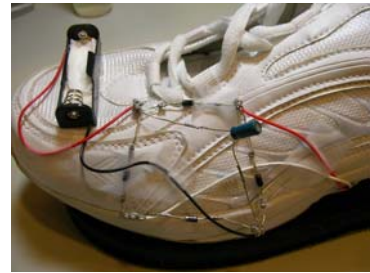
20. 將塗滿保麗龍膠的拖鞋對準鞋底的凹槽。



21. 蓋上去。



22. 用保麗龍膠修補沒黏緊的地方。



23. 將其餘的電路用膠帶固定在鞋子的旁邊。

【實驗八】：進行實體試踩，測試其效果。

一、實驗器材：MP3（隨身聽）、1.2v 充電電池 2 個、腳踩發電機實體（F1、F2）、電壓表。

二、實驗步驟：

- （一）將 2 顆充電電池用 MP3 放電，當 MP3 因電力不足而關閉後，取出電池並測量其電壓。
- （二）將 2 顆充電電池放入 F1 及 F2 前端的電池盒，穿上 F1（左鞋）及 F2（右鞋）（照片 105、106）。
- （三）實驗以 2 公里的距離作為標準（一步的距離約 50 公分： $200000 \div 50 = 4000$ ，兩腳共需走 4000 步，各走 2000 步），除了放完電後測量電壓，每走完 400 步後也要測量一次電壓。
- （四）走完 4000 步後，將電池取下，測量電壓並裝置在 MP3 內放映音樂，記錄可放映時間。
- （五）實驗所用的 2 台 MP3 皆是同款型，且為了怕不同歌曲、音量的耗電量不同，2 台皆放置同首歌曲（歌曲長度為 4 分鐘整）、調為相同的音量（30）（照片 108、109）。



照片 104 測量電池的電壓。



照片 105 將電池放入電池盒。



照片 106 穿鞋、準備行走。



照片 107 腳踩發電機試踩情形。



照片 108 同款 MP3 放映音樂。



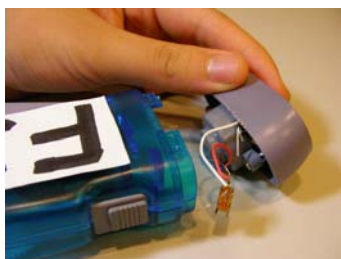
照片 109 2 台 MP3 皆為同曲、同音量。

【實驗九】：改良設計及找出發電量高的手壓發電機。

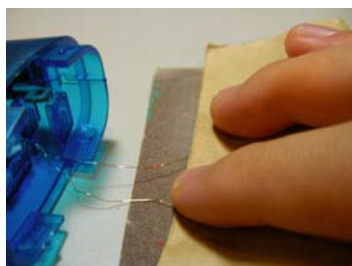
一、實驗器材：手壓發電手電筒 10 支（F3~F12）、電壓表、砂紙、剪刀。

二、實驗步驟：

- （一）拆掉 F3 的燈泡部份，剪下連接燈泡與發電機的線，用砂紙磨淨線的前端（照片 110、111）。
- （二）將電壓表調為 AC，接頭碰觸線的前端（照片 112）。
- （三）按壓一次發電機，測量並記錄其電壓，重複作 20 次（照片 112）。
- （四）重複步驟 1~3，測量並記錄 F4~F12 的電壓。



照片 110 將手電筒燈泡部分拆除。



照片 111 用砂紙將線的前端磨乾淨。



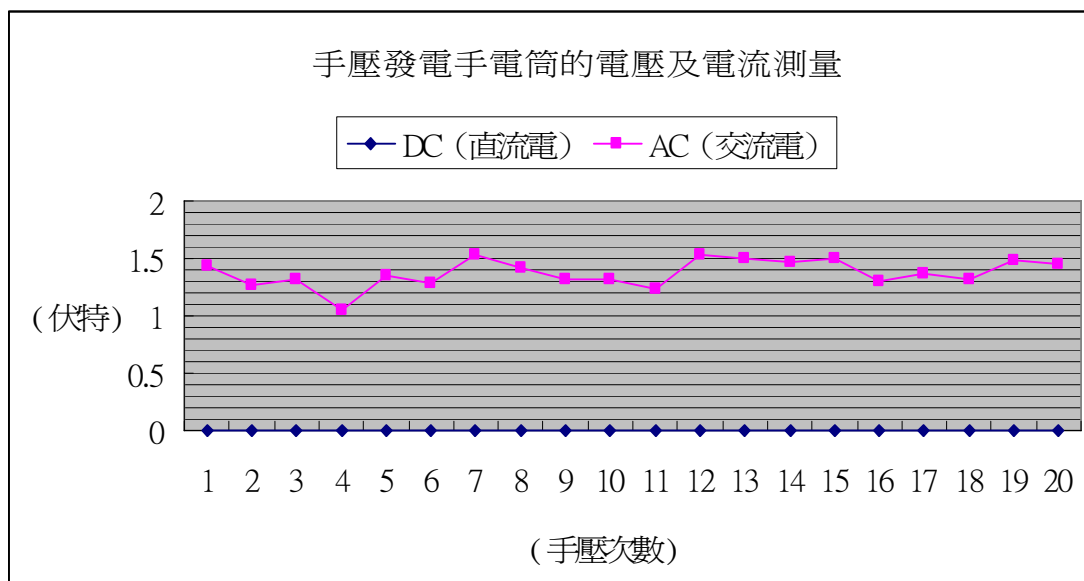
照片 112 按壓發電機，記錄其電壓。

伍、研究結果與討論

【實驗一】：了解手壓發電機的電壓大小及電流種類。

表一 手壓發電手電筒的電壓

電流種類 手壓次數	DC	AC	電流種類 手壓次數	DC (直流電)	AC (交流電)
1	0.00	1.44	11	0.00	1.24
2	0.00	1.27	12	0.00	1.53
3	0.00	1.32	13	0.00	1.50
4	0.00	1.05	14	0.00	1.47
5	0.00	1.35	15	0.00	1.50
6	0.00	1.29	16	0.00	1.30
7	0.00	1.53	17	0.00	1.37
8	0.00	1.41	18	0.00	1.32
9	0.00	1.31	19	0.00	1.49
10	0.00	1.31	20	0.00	1.45



圖二 手壓發電手電筒的電壓及電流測量

一、結果：

- (一) 測量發電機電壓時，將電壓表調為測量 DC 電流的結果皆為 0.00 伏特（無反應），調為 AC 時則皆有反應，表示發電機發出的電流是 AC（交流電）。
- (二) 因家中的充電電池是 1.2v，所以想要充電的話，產生的電壓須達到大於 1.2v 的標準。這裡 AC 二十次的電壓平均是：1.3725v， $1.3725v > 1.2v$ ，已達標準。

二、資料探討：

- (一) 以乾電池為電源時，電流的方向固定不變，稱為直流電（direct current），簡記為 **DC**。常見的直流電源如乾電池、鉛蓄電池。
- (二) 電流大小、方向會隨時間成週期性變換的電流，稱為交流電（alternating current），簡記為 **AC**。常見的交流電源如家庭電源。
- (三) 直流電與交流電都能提供電路上的電器使用，例如：使燈泡發亮。但交流電因容易改變電壓，因此被用在電力的傳輸上。（國三下南一版理化）
- (四) **LED** 是發光二極體，只能用直流電。（維基百科）

三、問題討論：

經上述資料得知：LED 與電池的充電皆需使用 DC 的電流，那為什麼 AC 的發電機，能使手電筒的 LED 燈泡發亮呢？於是我假設手電筒中有某個零件能使 AC 轉為 DC。

【實驗二】：觀察手電筒中哪樣零件可轉換電流。

一、結果：

(一) 我發現在手電筒燈泡上，連有一個小小的黑白色圓柱體，經詢問爸爸及上網搜尋資料，才知道那是「二極體」。

(二) 資料探討：

二極體是一種具有整流作用的電子元件。二極體容許電流向一特定方向流動，並阻止電流由相反方向流動。整流亦即將交流電轉換成爲直流電。(取自維基百科及yahoo 奇摩知識加)



照片 113 二極體。

【實驗三】：實驗接上這個零件，是否能轉換電流，並使燈泡發亮。

表二 發電機接上二極體後的電壓

次數	直流電壓	次數	直流電壓	次數	直流電壓	次數	直流電壓
1	1.01	6	1.00	11	1.07	16	0.95
2	1.07	7	0.95	12	1.12	17	0.93
3	1.01	8	1.03	13	0.99	18	1.00
4	0.81	9	1.17	14	1.10	19	1.06
5	1.11	10	1.03	15	0.93	20	0.97

一、結果：

(一) 接上二極體後，將電壓表調成測量 DC 電流，已有反應了。

(二) 二十次的平均電壓：1.0155v。

(三) 將發電機接上二極體後，再用電線連上燈泡，接著連續按壓發電機，燈泡也跟著亮了起來，表示接上二極體，可以達到 AC 轉 DC 的目的。



照片 114 接上二極體後按壓發電機，燈泡也跟著亮了。

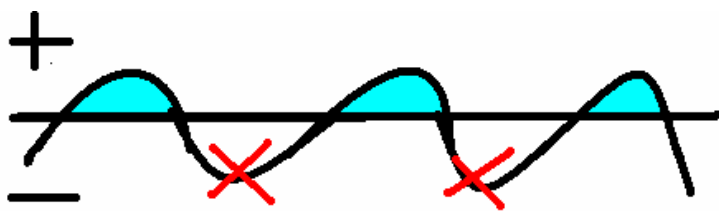
二、問題討論：

雖然已成功的用二極體來把 AC 轉為 DC，但電壓卻減少許多（參考表一和表二），那是因為用二極體整流，只能利用到一半的電波，所以電壓會因此減少。

要如何改善這個問題呢？經網路上的搜尋，知道「橋式整流」的電路能完全利用到交流的電波並達到 AC 轉 DC 的目的。

三、資料探討：

- （一）二極體的功用：二極體只允許正電通過，負（-）電會被擋掉，所以當交流電通過二極體時，只有正的部份流過，而負的那部份就不見了，通過二極體的電流，就由交流電（整流）為直流電了。



圖三 二極體整流示意圖

- （二）橋式整流能使交流電的正（+）與負（-），皆變為正電輸出，比一般二極體整流較具效率，所以橋式整流又稱為「全波整流」。（取自 yahoo 奇摩知識加）

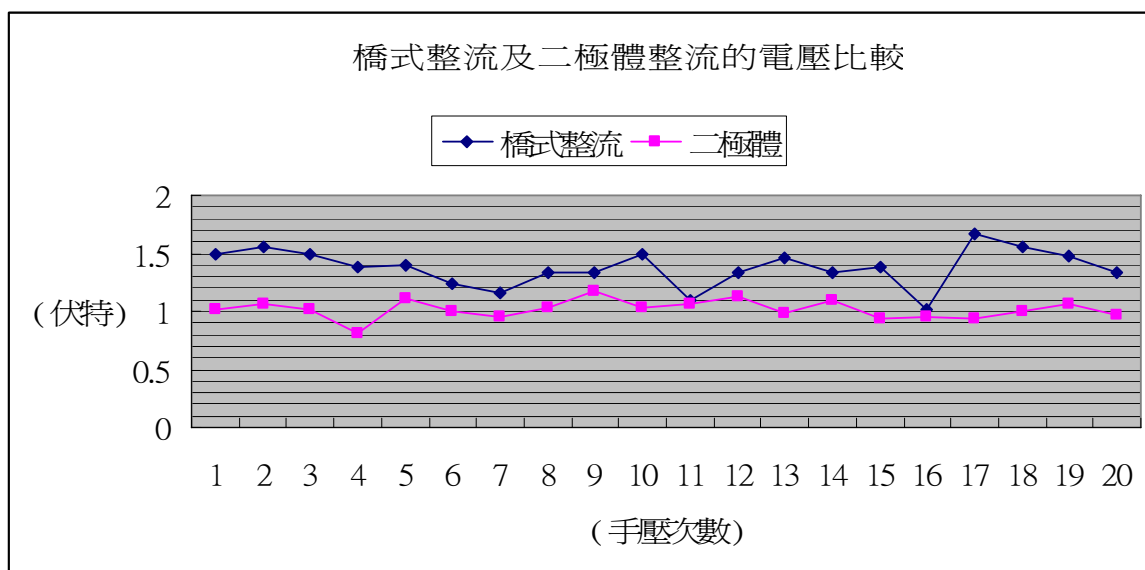
表三 發電機接橋式整流的電壓

次數	直流電壓	次數	直流電壓	次數	直流電壓	次數	直流電壓
1	1.49	6	1.24	11	1.09	16	1.02
2	1.55	7	1.16	12	1.33	17	1.66
3	1.49	8	1.34	13	1.46	18	1.56
4	1.38	9	1.33	14	1.34	19	1.48
5	1.39	10	1.50	15	1.38	20	1.33

【實驗四】：實驗利用橋式電路來整流是否可改善電壓減少的情況。

一、結果

- （一）利用橋式整流把 AC 轉為 DC，效果比只接一個二極體還要好。
- （二）發電機接橋式電路的電壓，20 次的平均是：1.376v。



圖四 橋式整流及二極體整流的電壓比較

二、問題討論：

利用橋式整流除可達成 AC 轉 DC 的目標外，電壓也達大於 1.2v 的標準，但從表三中可以發現，每次手壓力道不同，所產生的電壓也不同，若電壓起伏太大，充電時電池容易壞。

要如何穩定電壓呢？經查資料發現穩壓零件「電容」能穩定電壓，並作為電力暫時的儲存之處。

三、資料探討：

電容的用途除了儲電，更可穩定電流。因為無論電池或者是交流電，電壓常有高低起伏的時候。電容的作用便是在電壓不穩定時，提供儲存下來的電流，使電壓可以長時間保持穩定。（取自 RC EVOLUTION - 遙控工房）

【實驗五】：比較接上電容後，發電機電壓的改變情形。

一、結果：

表四 有無電容時電壓的比較

	沒電容	有電容		沒電容	有電容		沒電容	有電容		沒電容	有電容
1	1.26	1.61	6	1.13	1.54	11	1.37	2.52	16	1.26	1.80
2	1.42	1.49	7	1.40	2.10	12	1.55	1.55	17	1.45	2.23
3	1.40	1.52	8	1.22	1.71	13	1.31	2.07	18	1.48	2.40
4	1.47	1.41	9	1.43	2.51	14	1.57	1.73	19	1.62	2.55
5	1.49	1.54	10	1.37	2.13	15	1.50	2.51	20	1.67	2.59

（一）加電容時，電壓會比無電容時來的高一點。

(二)加電容時，從按壓一下發電機，一直到電壓表的數字歸零，要經過平均約 69 秒的時間。
電壓降得十分緩慢，證實了資料中說：「電容的作用便是在電壓不穩定時，提供儲存下來的電流，使電壓可以長時間保持穩定。」

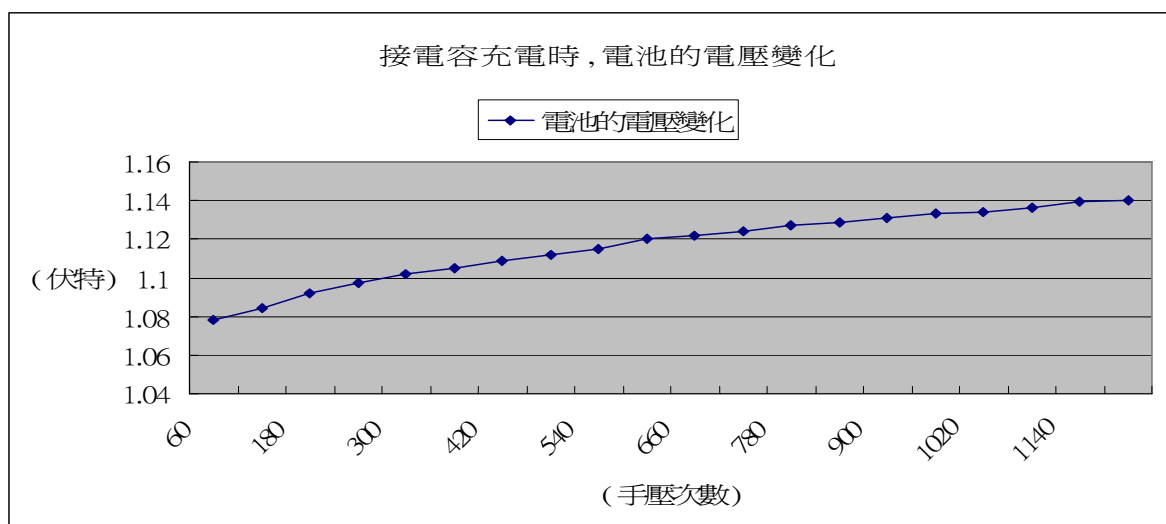
表五 保存電壓的秒數比較（壓一次發電機）

	沒 電容	有 電容		沒 電容	有 電容		沒 電容	有 電容		沒 電容	有 電容
1	3	66	6	4	70	11	4	72	16	3	69
2	4	71	7	3	72	12	4	73	17	4	69
3	4	72	8	4	70	13	4	66	18	3	69
4	3	73	9	4	68	14	4	52	19	3	65
5	3	73	10	3	66	15	3	73	20	4	72

【實驗六】：實驗電路在有、無接電容時，是否能順利充電，其效果如何。

表六 接電容充電時，電池的電壓變化

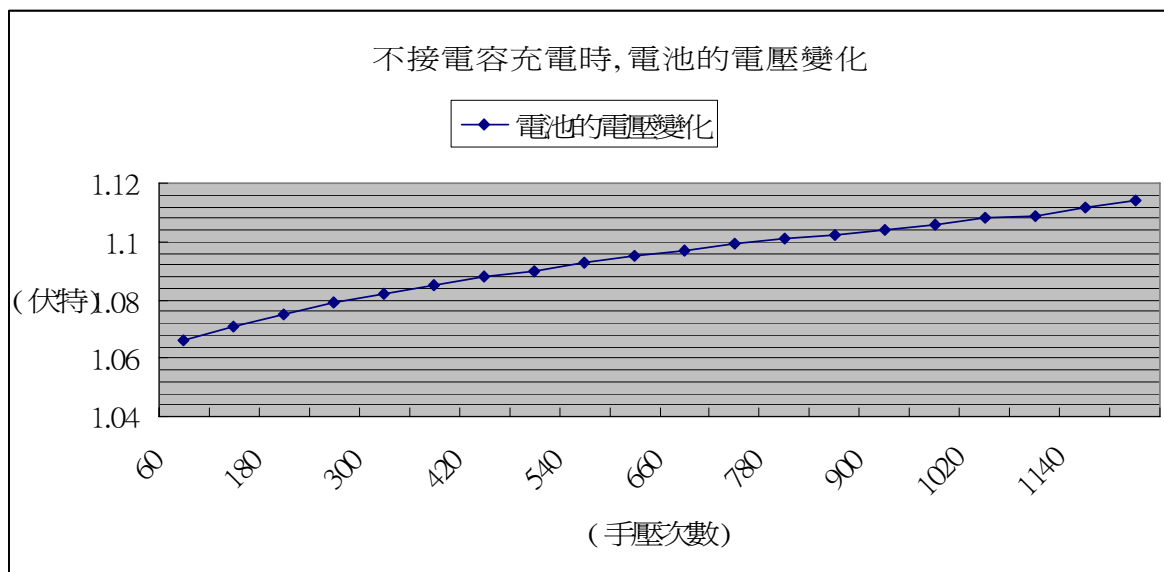
記錄次數	手壓次數	電壓變化	記錄時的電壓	每次上升的電壓
1	60	1.067~1.078	1.078	0.011
2	120	1.079~1.084	1.084	0.005
3	180	1.085~1.092	1.092	0.007
4	240	1.092~1.097	1.097	0.005
5	300	1.097~1.102	1.102	0.005
6	360	1.102~1.105	1.105	0.003
7	420	1.105~1.109	1.109	0.004
8	480	1.109~1.112	1.112	0.003
9	540	1.112~1.115	1.115	0.003
10	600	1.115~1.120	1.120	0.005
11	660	1.120~1.122	1.122	0.002
12	720	1.122~1.124	1.124	0.002
13	780	1.124~1.127	1.127	0.003
14	840	1.127~1.129	1.129	0.002
15	900	1.129~1.131	1.131	0.002
16	960	1.131~1.133	1.133	0.002
17	1020	1.133~1.134	1.134	0.001
18	1080	1.134~1.136	1.136	0.002
19	1140	1.136~1.139	1.139	0.003
20	1200	1.139~1.143	1.140	0.001
總共：	壓了 1200 下	原本的電壓： 1.067 伏特	最後的電壓： 1.140 伏特	共上升： 0.073 伏特



圖五 接電容充電時，電池的電壓變化

表七 不接電容充電時，電池的電壓變化

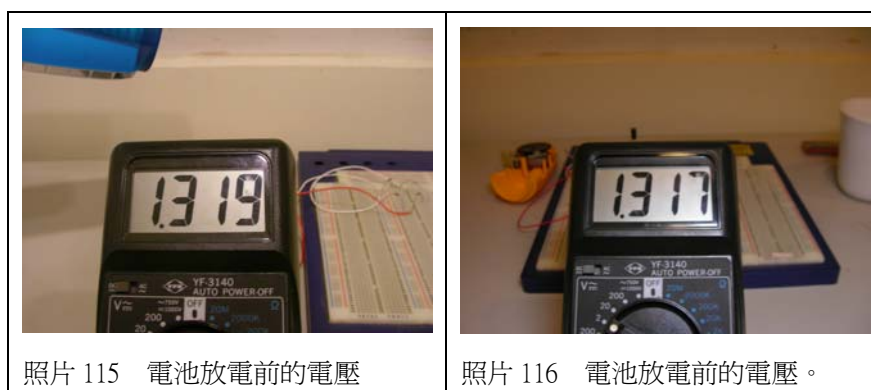
記錄次數	手壓次數	電壓變化	記錄時的電壓	每次上升的電壓
1	60	1.060~1.066	1.066	0.006
2	120	1.066~1.071	1.071	0.005
3	180	1.071~1.075	1.075	0.004
4	240	1.075~1.079	1.079	0.004
5	300	1.079~1.082	1.082	0.003
6	360	1.082~1.085	1.085	0.003
7	420	1.085~1.088	1.088	0.003
8	480	1.088~1.090	1.090	0.002
9	540	1.090~1.093	1.093	0.003
10	600	1.093~1.095	1.095	0.002
11	660	1.095~1.097	1.097	0.002
12	720	1.097~1.099	1.099	0.002
13	780	1.099~1.101	1.101	0.002
14	840	1.101~1.103	1.102	0.001
15	900	1.102~1.105	1.104	0.002
16	960	1.104~1.106	1.106	0.002
17	1020	1.106~1.109	1.108	0.002
18	1080	1.108~1.110	1.109	0.001
19	1140	1.109~1.113	1.112	0.003
20	1200	1.112~1.116	1.114	0.002
總共：	壓了 1200 下	原本的電壓： 1.060 伏特	最後的電壓： 1.114 伏特	共上升： 0.054 伏特



圖六 不接電容充電時，電池的電壓變化

一、結果：

- (一) 一開始其中一顆 1.2v 充電電池的電壓是 1.319 伏特 (照片 120)，接上馬達放電約 50 分鐘後，電壓為 1.067 伏特。另一顆電池一開始的電壓則是 1.317 (照片 121) 伏特，接上馬達放電約 47 分鐘後，電壓為 1.060 伏特。



- (二) 壓了 1200 下 (20 個 60 下) 後，有加電容充電時的電池電壓從原本的 1.067 伏特上升到 1.140 伏特，共上升了 0.073 伏特；沒加電容充電時則從原本的 1.060 伏特上升到 1.114 伏特，共上升了 0.054 伏特，和有電容時相比，少了 $(0.073 - 0.054 = 0.019)$ 約 0.02 伏特的電壓。
- (三) 為進一步證實手壓發電機的電有充進電池裡，我把 2 顆分別充到 1.140、1.114 伏特的充電電池再一次的接上馬達，馬達分別約可轉動 2、1.5 分鐘，因這兩顆電池原已被放電到無法推動馬達，而現在則能推動馬達約 2 分鐘，代表手電筒的電確實有傳進充電電池內。

(五) 從表七中記錄次數 14~20 的地方可發現，沒加電容充電時，電壓常常上升許多，但在壓完每個 60 次，放開手要記錄時，電壓卻又掉回去。因沒接電容就無法儲存多餘的電流，因此效率不如有接電容時好。

二、數據推算：

(一) 有加電容充電：

若某人兩隻腳皆裝上這樣的裝置（腳踩發電機）去登山：

假設此人步伐大小為 30 公分、走了 2.1 公里（210000 公分）。

$$210000 \div 30 = 7000 \text{ (步)}$$

$$7000 \div 2 \text{ (兩隻腳)} = 3500 \text{ (步)}$$

$$3500 \div 1200 \text{ (步, 手壓發電機的總次數)} = 2.9166666\cdots = 2.9$$

$$2.9 \times 0.073 \text{ (伏特)} = 0.2117 \text{ (伏特)}$$

若一開始鞋內電池（沒電的）電壓為 1.067 伏特，登完山後增加了 0.2117 伏特：

$$1.067 + 0.2117 = 1.2787 \text{ (伏特)}$$

也就是此人走了 2.1 公里，在兩隻腳都有發電機，且發電機內含電容的情況下，原本兩個沒電的電池（1.067 伏特），在登完山後接可充飽為 1.2787 伏特的電池。

(二) 沒加電容充電：

若某人兩隻腳皆裝上這樣的裝置（腳踩發電機）去登山：

假設此人步伐大小為 30 公分、走了 2.1 公里（210000 公分）。

$$210000 \div 30 = 7000 \text{ (步)}$$

$$7000 \div 2 \text{ (兩隻腳)} = 3500 \text{ (步)}$$

$$3500 \div 1200 \text{ (步, 手壓發電機的總次數)} = 2.9166666\cdots = 2.9$$

$$2.9 \times 0.054 \text{ (伏特)} = 0.1566 \text{ (伏特)}$$

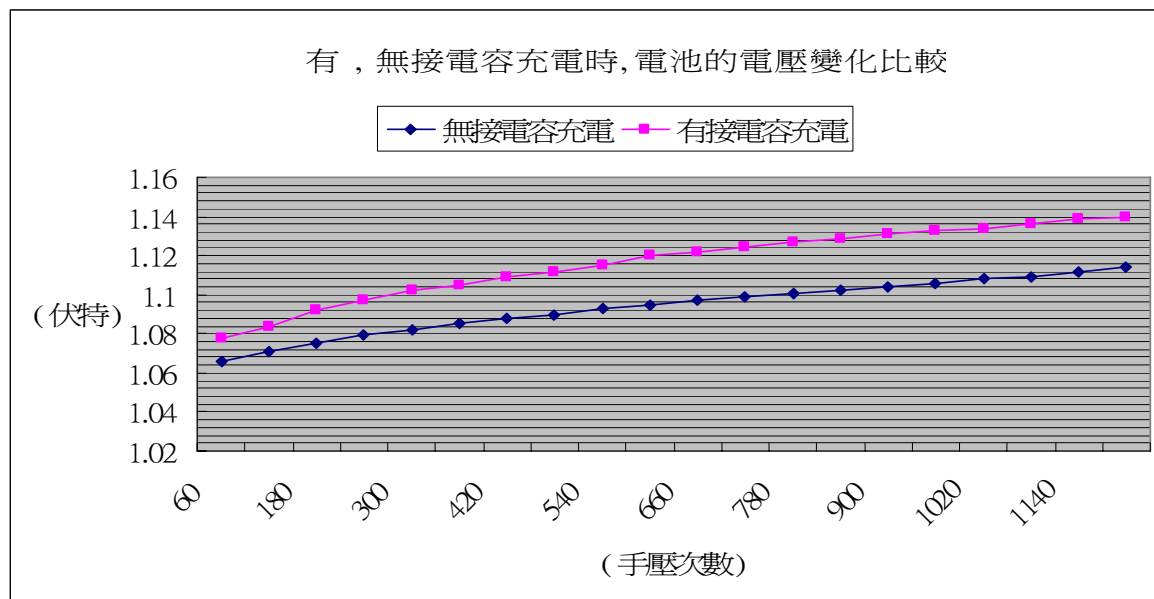
若一開始鞋內電池（沒電的）電壓為 1.067 伏特（以實驗七中的為標準）登完山後增加了 0.1566 伏特：

$$1.067 + 0.1566 = 1.2236 \text{ (伏特)}$$

也就是此人走了 2.1 公里，在兩隻腳都有發電機，且發電機內不含電容的情況下，原本兩個沒電的電池（1.067 伏特），在登完山後接可充為 1.2236 伏特的電池。

和有接電容的狀況下比起來，沒接電容時的所增加的電壓比有接電容時少了：

$$1.2787 - 1.2236 = 0.0551 \text{ 伏特}$$



圖七 有、無接電容充電時，電池的電壓變化比較

三、討論：

實驗發現有電容時的充電效果較好（圖七），因此我決定將電容加進腳踩發電機的裝置中，以穩定電壓及增加充電量。

【實驗七】：製作腳踩發電機對照模型和實體。

表八 F1 的電壓

電流種類 手壓次數	DC 直流電	AC 交流電	電流種類 手壓次數	DC 直流電	AC 交流電
1	0.00	0.96	1	0.00	0.92
2	0.00	1.50	2	0.00	1.26
3	0.00	1.12	3	0.00	1.04
4	0.00	1.21	4	0.00	1.59
5	0.00	0.94	5	0.00	1.52
6	0.00	1.13	6	0.00	1.44
7	0.00	1.35	7	0.00	1.29
8	0.00	1.03	8	0.00	1.08
9	0.00	1.22	9	0.00	0.85
10	0.00	1.25	10	0.00	1.39
11	0.00	1.01	11	0.00	1.38
12	0.00	1.25	12	0.00	1.22
13	0.00	1.29	13	0.00	1.15
14	0.00	1.32	14	0.00	1.69
15	0.00	1.18	15	0.00	1.51
16	0.00	1.23	16	0.00	1.37
17	0.00	1.30	17	0.00	1.38
18	0.00	1.20	18	0.00	1.32
19	0.00	1.38	19	0.00	1.21
20	0.00	1.16	20	0.00	1.03

表九 F2 的電壓

表十 F1 接橋式整流的電壓

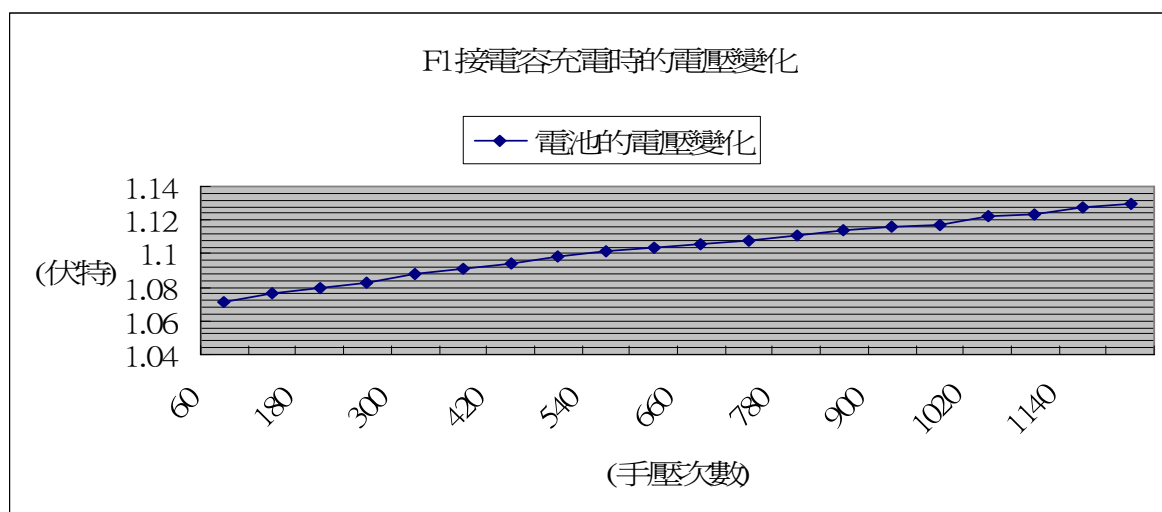
	直流電		直流電
1	1.29	11	1.54
2	1.15	12	1.54
3	1.11	13	1.31
4	1.18	14	1.18
5	1.72	15	1.35
6	1.47	16	1.43
7	1.28	17	1.38
8	1.54	18	1.31
9	1.31	19	1.25
10	1.18	20	1.36

表十一 F2 接橋式整流的電壓

	直流電		直流電
1	1.18	11	1.57
2	1.14	12	1.04
3	1.13	13	1.35
4	1.19	14	1.17
5	1.40	15	1.46
6	1.64	16	1.19
7	1.34	17	1.54
8	1.31	18	1.28
9	1.29	19	1.23
10	1.17	20	1.40

表十二 F1 接電容充電時的電壓變化

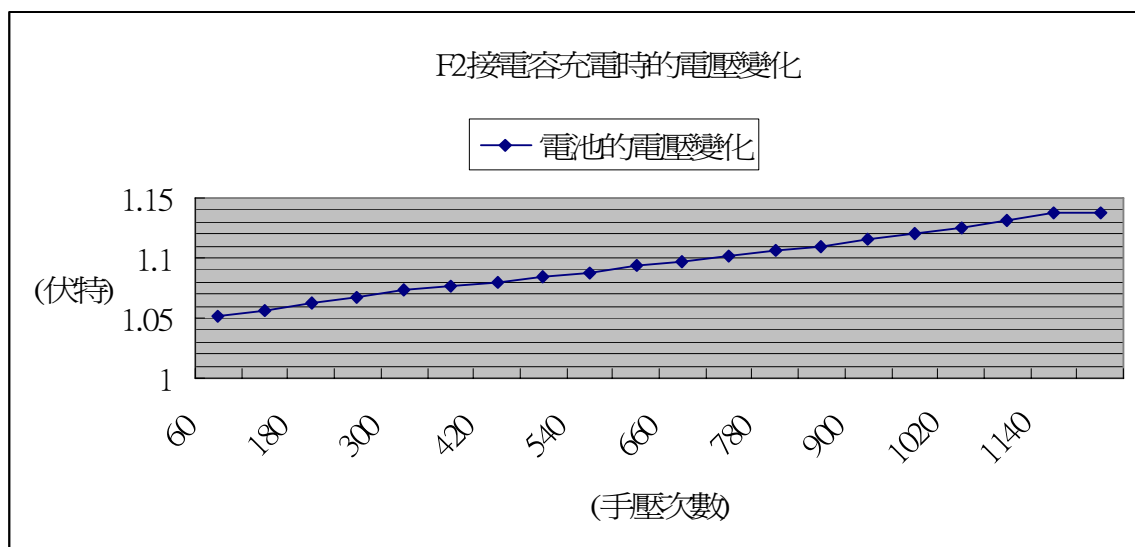
記錄次數	手壓次數	電壓變化	記錄時的電壓	每次上升的電壓
1	60	1.064~1.071	1.071	0.007
2	120	1.072~1.076	1.076	0.005
3	180	1.076~1.080	1.080	0.004
4	240	1.080~1.083	1.083	0.003
5	300	1.083~1.089	1.088	0.005
6	360	1.088~1.092	1.091	0.003
7	420	1.091~1.096	1.094	0.003
8	480	1.094~1.101	1.098	0.004
9	540	1.098~1.104	1.101	0.003
10	600	1.101~1.106	1.104	0.003
11	660	1.104~1.107	1.106	0.002
12	720	1.106~1.110	1.108	0.002
13	780	1.108~1.113	1.111	0.003
14	840	1.111~1.117	1.114	0.003
15	900	1.114~1.120	1.116	0.002
16	960	1.116~1.119	1.117	0.001
17	1020	1.117~1.126	1.122	0.005
18	1080	1.122~1.124	1.123	0.001
19	1140	1.123~1.132	1.127	0.004
20	1200	1.127~1.135	1.130	0.003
總共：	壓了 1200 下	原本的電壓： 1.064 伏特	最後的電壓： 1.130 伏特	共上升：0.066 伏特



圖八 F1 接電容充電時的電壓變化

表十三 F2 接電容充電時的電壓變化

記錄次數	手壓次數	電壓變化	記錄時的電壓	每次上升的電壓
1	60	1.046~1.055	1.052	0.006
2	120	1.052~1.061	1.057	0.005
3	180	1.057~1.063	1.062	0.005
4	240	1.062~1.070	1.067	0.005
5	300	1.067~1.077	1.073	0.006
6	360	1.073~1.079	1.076	0.003
7	420	1.076~1.082	1.079	0.003
8	480	1.079~1.088	1.085	0.006
9	540	1.085~1.091	1.088	0.003
10	600	1.088~1.099	1.094	0.006
11	660	1.094~1.100	1.097	0.004
12	720	1.097~1.106	1.102	0.005
13	780	1.102~1.109	1.106	0.004
14	840	1.106~1.114	1.110	0.004
15	900	1.110~1.119	1.115	0.005
16	960	1.115~1.126	1.121	0.006
17	1020	1.121~1.129	1.125	0.004
18	1080	1.125~1.137	1.132	0.007
19	1140	1.132~1.141	1.137	0.005
20	1200	1.137~1.141	1.137	0.000
總共：	壓了 1200 下	原本的電壓： 1.046 伏特	最後的電壓： 1.137 伏特	共上升：0.091 伏特



圖九 F2 接電容充電時的電壓變化

一、結果：

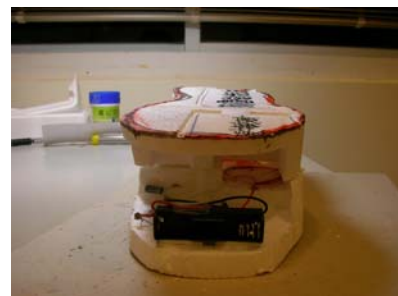
成功的製作了腳踩發電機的對照模型及實體，且實體的電壓、電流及充電效率已達標準。
接下來將實際穿上實體（F1、F2），進行試踩的實驗。



照片 117 完成的模型。



照片 118 完成的模型。



照片 119 完成的模型。



照片 120 測量電壓。



照片 121 完成實體的製作。



照片 122 完成實體的製作

【實驗八】：進行實體試踩，測試其效果。

表十四 腳踩發電機實體行走時電壓的變化

	F1（左腳）	F2（右腳）
電池放電完的電壓	1.004	0.998
400 步後的電壓	1.060	1.073
800 步後的電壓	1.087	1.129
1200 步後的電壓	1.106	1.168
1600 步後的電壓	1.119	1.199
2000 步後的電壓	1.132	1.223
2400 步後的電壓	1.147	1.241
2800 步後的電壓	1.159	1.253
3200 步後的電壓	1.169	1.264
3600 步後的電壓	1.180	1.273
4000 步後的電壓	1.191	1.282
能讓 MP3 使用多久	5 分 30 秒	9 分 21 秒

一、結果：

F1 及 F2 兩腳共走了 4000 步（2 公里）後，平均可讓 MP3 放映約 7 分 26 秒，代表腳踩發電機所發出來的電確實有充進電池裡，且可實際使用。

二、問題討論：

- （一）現已完成了試踩的實驗，但腳踩發電機的設計仍有需改進的地方，實驗九將結合各方面的構想與意見，畫一張修改後的設計圖。
- （二）從實驗七、八的數據可發現，F1 和 F2 雖是同款型的手壓發電機，但發電量卻不同（F2 較大）而發電量也會間接影響到充電效果（表十四）。為讓發電機的充電效果提升，實驗九將從 10 支新手壓發電手電筒中挑選出 2 支發電量最高的，作為新腳踩發電機的發電構造。

【實驗九】：改良設計及找出發電量高的手壓發電機。

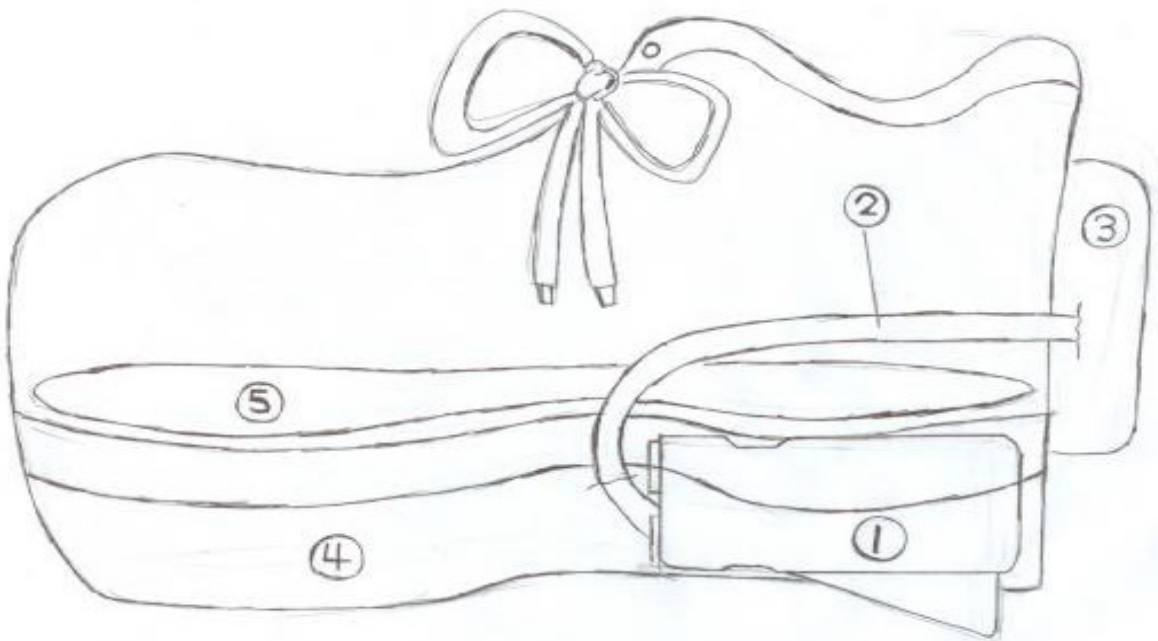
表十五 F3~F12 電壓的比較

	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
1	1.97	1.61	1.54	1.88	1.86	1.72	2.11	1.43	1.94	1.79
2	1.79	1.51	1.55	1.73	2.00	2.05	2.29	1.60	2.35	1.92
3	1.60	1.19	1.48	2.32	1.56	1.98	2.38	1.57	1.85	1.75
4	1.38	1.35	1.71	1.78	2.01	2.03	2.25	1.60	2.06	1.98
5	1.90	1.39	1.70	2.12	1.99	1.92	2.37	1.65	1.91	1.94
6	2.03	1.43	1.66	1.93	2.18	1.85	2.37	1.61	2.14	1.84
7	1.44	1.47	1.75	2.19	2.09	1.91	2.14	1.61	2.00	2.01
8	1.92	1.67	1.70	1.87	2.13	1.68	2.08	1.80	2.03	1.72
9	1.68	1.52	1.65	2.00	1.86	1.96	2.36	1.50	1.77	1.84
10	1.90	1.15	1.70	2.09	2.08	1.97	2.35	1.50	2.05	1.90
11	1.80	1.10	1.73	1.94	2.16	2.05	2.25	1.48	1.95	1.89
12	1.68	1.63	1.76	2.14	2.18	2.10	2.30	1.67	1.92	1.96
13	1.91	1.32	1.86	2.38	1.82	2.11	2.24	1.43	1.85	1.86
14	1.75	1.31	1.79	2.38	2.11	2.09	2.04	1.54	1.92	2.02
15	1.80	1.46	1.67	2.15	2.09	2.09	2.17	1.62	2.18	1.88
16	1.84	1.51	1.62	2.32	1.99	2.10	2.35	1.66	2.01	2.01
17	2.20	1.66	1.66	2.02	2.11	2.05	2.39	1.56	2.03	2.07
18	1.95	1.68	1.71	2.34	2.23	1.91	2.16	1.65	1.80	1.76
19	1.91	1.62	1.87	2.19	2.15	1.98	2.19	1.62	1.81	1.78
20	1.70	1.29	1.82	2.38	2.16	2.12	2.29	1.76	1.89	1.83
平均	1.8075	1.4435	1.6965	2.1075	2.038	1.9835	2.254	1.593	1.973	1.76

一、結果：

經比較後發現 F6 和 F9 的電壓平均最高，因此選為新腳踩發電機的發電構造。

二、設計圖解說：



①：選擇發電量較大的手壓發電手電筒（實驗九前半部）。



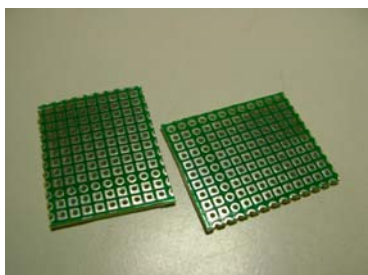
照片 123 在 10 支中挑出發電量最高的 2 支。



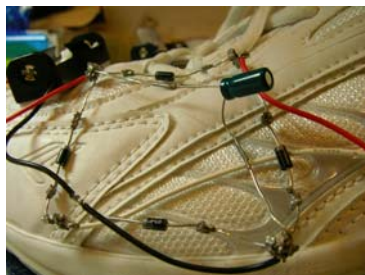
照片 124 F6、F9 平均電壓最高。

②：導線用「熱縮套管」包住，具保護力且不易漏水。

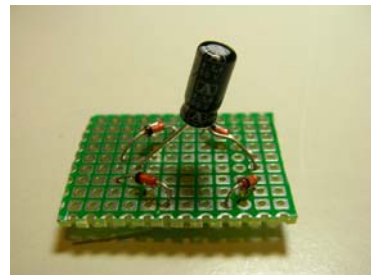
③：利用電路板將電路面積縮小，裝置在鞋後跟（較不易擠壓）的防水袋子中。



照片 125 電路板（有許多導電的小孔）。



照片 126 原電路面積大。



照片 127 使用電路板可減少面積。

④：已請專業鞋匠製作吻合鞋身的鞋底，不易漏水且較美觀。

⑤：實驗八試踩時，發覺走路時發電機的震動會使腳底不適，在腳底墊塊鞋墊或布，可改善此問題。

三、設計修改過後的新腳踩發電機正在製作中，將於展覽當天展出。

陸、結論

- 一、手壓發電手電筒只能產生 AC 的電流，但電壓已達到大於 1.2v 的標準。
- 二、接上在手電筒中找到的二極體，可使 AC 轉為 DC。
- 三、但只接一個二極體是「半波整流」，所以浪費了一半的電壓，使電壓無法達到大於 1.2v 的標準。
- 四、利用橋式整流可以使 AC 轉為 DC，且因它是「全波整流」，所以可讓電壓達到大於 1.2v 的標準。
- 五、加上電容可使多餘的電壓暫時儲存在內，充電時也可增加充電量。
- 六、沒加電容時的充電效果較差、且無法儲存多餘的電壓。
- 七、腳踩發電機的對照模型和實體皆已完成，也已經克服了把手碰不到地的情況—加長把手幅度。
- 八、試踩過程順利，經走路充電而使 MP3 放映音樂，證明了腳踩發電機的構想是可行的。
- 九、新設計克服了漏水及美觀上的難題。
- 十、雖目前充電量不多，但已達成了環保節能的目的，同時充飽的電池也能備不時之需，例如：晚上在山中迷路時電池可使手電筒發亮，也可用於手機上一求救。

柒、參考資料及文獻

一、書籍：

少年牛頓雜誌（2007）。「探索能源」。少年牛頓雜誌，37，18~37。

二、網站：

維基百科－二極體、直流電、交流電。

（一）取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E9%AB%94>

（二）取自：

<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%9B%B4%E6%B5%81%E9%9B%BB&variant=zh-tw>

（三）取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%A4%E6%B5%81%E9%9B%BB>

科學教育學習網－台北市立居仁國中 96 年度「風力發電機實作研習」成果彙編之「導入課程－發電機」。

取自：<http://web.cjih.tc.edu.tw/~generator/>

基本電學－零件相關知識。

取自：<http://sun.cis.scu.edu.tw/~lab/knowledge/base.htm>

RC EVOLUTION - 遙控工房－電容有什麼用？

取自：http://www.rc-evo.com/m_newhand/hand004.html

DIY 基礎電學專欄。

取自：http://www.diyzone.net/articles/diy_electricity_2.htm

物理 問題討論區－電容到底是啥阿？

取自：<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=9940&forum=2>

TEENS'清蔚園－直流電與交流電。

取自：<http://vm.nthu.edu.tw/science/shows/nue/current.html>

電子與電學。

取自：http://www.rotary.edu.hk/ngfs/s2_final.htm

【評語】 030812

創意相當不錯，能思考如何將構想一步一步地實現，並能逐步改善，完成品質不錯的成品。

應重視科學性，加強理論之探討與實務應用之設計以分析的方式加以改善。