

中華民國 第 49 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

佳作

030803

聲音發電

學校名稱：桃園縣立壽山國民中學

作者： 國三 鄭惠安 國三 王巧宜 國三 吳盈郁 國三 潘宏維	指導老師： 詹志勇 吳國珍
---	-----------------------------

關鍵詞：發電、聲音

聲音發電

摘要

發電的方式有很多，有火力發電、核能發電…等，不過這些發電方式都會有環境污染的問題。環保的發電方式如風力、太陽能…等，那聲音是否能發電呢？

我們運用喇叭中線圈與磁鐵的相互運動來發電，並研究如何使發出電壓加大的方法，找出適當的方式使 LED 發出亮光。運用這樣的研究希望可以開發出效率較高，且較不易產生污染物的發電方式，進而能將這種發電方式應用在日常生活中。

壹、研究動機

台灣的能源幾乎百分之百依賴國外進口，2008 國際原油、煤價大漲伴隨著其它原物料齊漲，造成國內物價上揚，人民的生活壓力倍增。

國內的發電主要為燃煤發電與核能發電，世界上原油蘊藏量只會減少不會增加，發展替代能源已成為刻不容緩的課題。常聽到的替代能源舉凡太陽能、風力發電、潮汐發電、生質能源…等，那還有什麼其他的能源可以讓我們使用呢？

自然與生活科技課本中提到光是一種能量、聲音也是一種能量，光的能量已應用在太陽能發電，那聲音可以發電嗎？前一陣子，新聞上報導有關於利用雨滴發電的新聞，讓我們有一些想法，發電的原理是應用震動的方式讓線圈感應到磁場的變化進而產生感應電流。而聲音也是一種振動、一種波的傳遞，我們只要製作一個可以接收聲波振動的裝置造成線圈感應到磁場的變化，我們就能發出電了。

我們生活的環境中噪音無所不在，這些噪音如果能產生電，也算是一種不錯的輔助能源。

貳、研究目的

- 一、自行研發一個利用聲音發電的裝置。
- 二、利用喇叭薄膜震動帶動線圈位移，電磁感應來發電。
- 三、研究聲音響度大小與產生電壓之間關係。
- 四、利用串聯的方式增加產生電壓。
- 五、使用變壓器將電壓放大，使得 LED 燈發亮。
- 六、研究聲音的頻率與喇叭接收效率之間的關係。

參、研究設備及材料

示波器	數位攝影機	噪音計	小喇叭 75mm	大喇叭 200mm
三用電錶	發光二極體 (LED)	大鼓	鱷魚夾電線	整流電壓器 輸入：120V 輸出：12V
波形產生器 (Function Generator)		音響喇叭(音箱)	電源供應器	音響擴大機

肆、研究方法

本文最主要是利用電磁感應的原理，國中自然與生活科技課本中曾提到磁場中，運動的線圈會產生電流。若線圈所在的磁場發生變化，就會產生感應電流。這也就是發電機的原理，法拉第應用這個原理製作了史上第一部發電機。

我們使用喇叭來當聲音的接收器，這是因為喇叭（圖 4.1）的構造是由中心的磁鐵與磁鐵外的線圈接續在最外面的振動膜所構成，正常使用時是利用電壓的變化產生對中心磁鐵的吸引或排斥；而我們將使用方式倒過來，利用聲音的振動帶動線圈的位移，與中心磁鐵產生磁場的變化，進而產生電流與電壓。



圖 4.1 喇叭分解圖

我們首先試著使用檢流計檢驗電流，結果並不能看到指針移動，我們覺得這是因為敲打鼓發出的聲音頻率大約在 50Hz 左右，另外產生的電為交流電，檢流計指針並不能有這麼高的反應速率，故我們使用示波器（圖 4.2）檢測電壓波形。使用示波器的另一個原因是我們的裝置所發出的電壓太小，而示波器的最小可量測電壓是 5mV，所以可以測量很小的電壓反應。

變壓器（圖 4.3）的應用是另一個重要的課題，我們將輸入 AC 120V、輸出 DC 12V 的整流變壓器中的整流電路取出，只應用其中的變壓線圈組，將輸入、輸出反過來使用，就可以得到放大 10 倍的變壓器。有了放大 10 倍的電壓，我們希望使工作電壓 3V 的 LED 燈發亮。



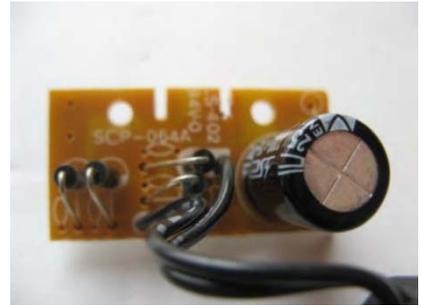
圖 4.2 示波器



整流變壓器



變壓線圈



整流電路

圖 4.3 整流變壓器分解圖

再來我們利用大鼓來當發聲體，但因波形消失太快，肉眼無法記錄下來，所以使用數位攝影機來記錄波形畫面，再利用電腦來擷取波形的高低（圖 4.4），進而讀取數據。不過由於響度的大小無法固定（人無法控制鼓棒打擊鼓面的力量大小），所以使用噪音計來測量產生聲音大小。

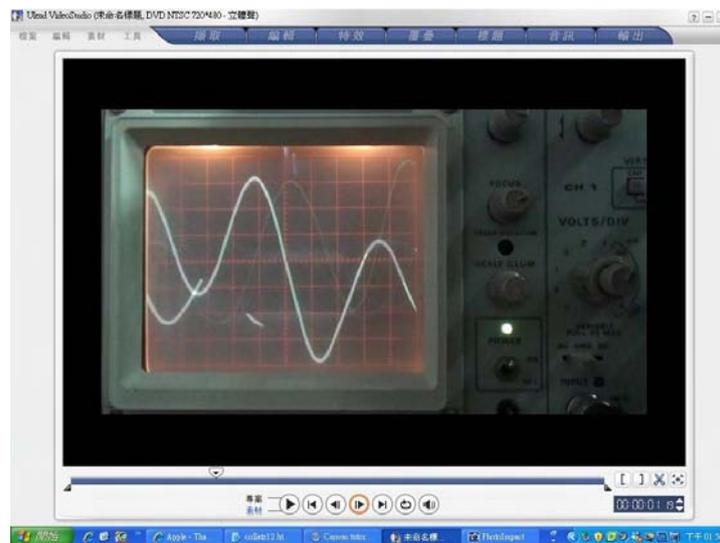


圖 4.4 利用電腦讀取數據畫面

伍、實驗步驟與結果

實驗一、測定變壓器的放大倍率

（一）實驗步驟

- 1.將電源供應器接上變壓器主線圈（匝數少的）作為輸入端，如圖 5.1。將三用電錶接上變壓器副線圈（匝數多的）來測量輸出電壓。
- 2.將結果（表 5.1）以輸入端電壓為橫軸，輸出端電壓為縱軸作圖（圖 5.2）。
- 3.由於我們所使用的電源供應器無法輸出低於 1.2V 的電壓，所以我們將變壓器主副線圈反接。得到表 5.2 及圖 5.3。

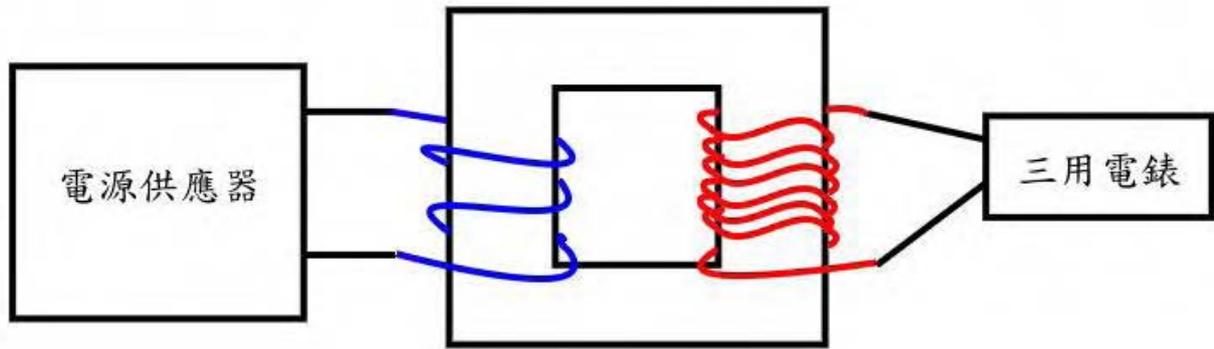


圖 5.1 測定變壓器實驗配置圖

(二) 實驗結果

表 5.1

輸入電壓 (V)	1.2	2	3	4	5	6	7	8	9	10
輸出電壓 (V)	12	20	29	37.5	46	55	65	75	80	92.5
輸出/輸入	10	10	9.67	9.38	9.2	9.17	9.29	9.38	8.89	9.25

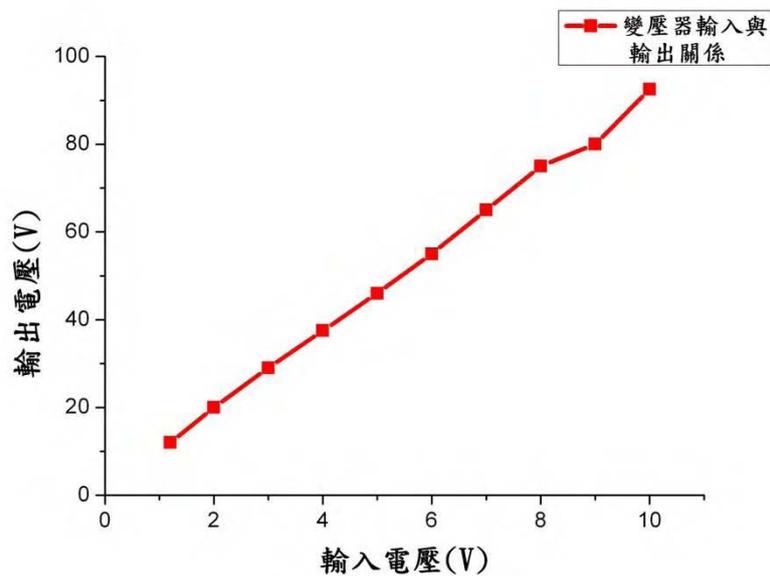


圖 5.2

表 5.2 主、副線圈反接後的數據

輸入電壓 (V)	3.2	5.4	7.6	8.8	10.8	13.2	14.8	16.8	18.7	21	25.2	30.8	35.2	39.5
輸出電壓 (V)	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.5	3	3.5	4
輸入/輸出	16	13.5	12.7	11	10.8	11	10.6	10.5	10.4	10.5	10.1	10.3	10.1	9.88

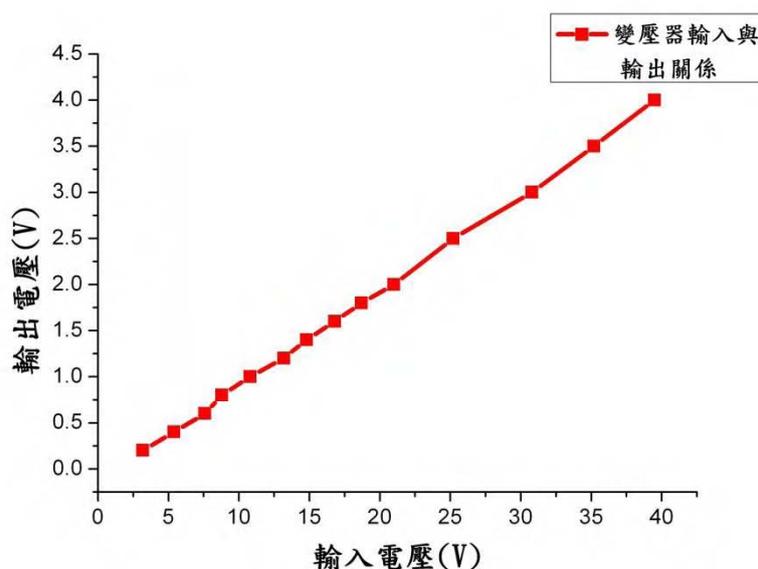


圖 5.3 主、副線圈反接後的輸入電壓與輸出電壓關係圖

從表 5.1 中我們可以觀察到該變壓器的輸入電壓和輸出電壓成正比，在輸入電壓 8V 內約可放大 10 倍左右。由於步驟 1 的輸入電壓無法低於 1.2V，故反接後該變壓器變成降壓的裝置，就可觀察到低於 1.2V 的現象，我們得到低於 1.2V 的數據略接近於正比，輸入輸出比略高於 10 倍。

實驗二、敲大鼓測量電壓

(一) 實驗步驟

1. 測量一個小喇叭加變壓器與否所產生電壓，實驗裝置圖如圖 5.4，同時記錄響度大小。
2. 測量二、四個小喇叭串聯加上變壓器所產生電壓，同時記錄響度大小。
3. 測量一個大喇叭加變壓器與否所產生電壓，同時記錄響度大小。
4. 利用四個小喇叭串聯加上變壓器所產生電壓，接上 LED，觀察敲打大鼓時 LED 是否會發光。

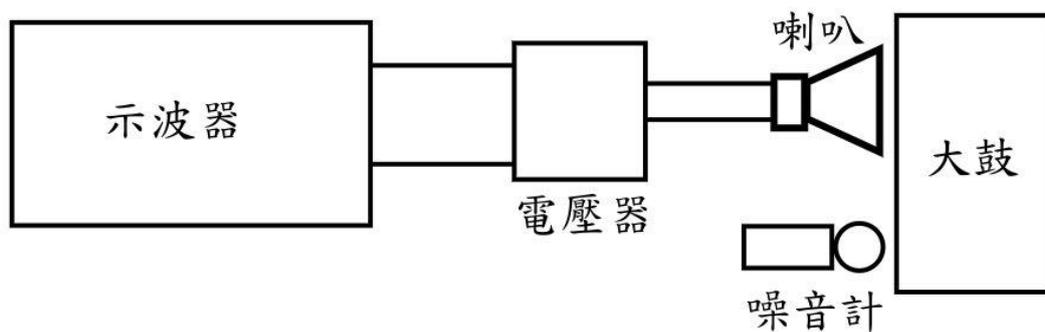


圖 5.4 實驗配置圖

(二) 實驗結果

1. 測量一個小喇叭所能產生電壓與利用噪音計測量產生的聲音大小之間的關係，我們得到以下的數據：

表 5.3 一個小喇叭（不加變壓器）響度與產生電壓

響度 (dB)	72.8	76.8	84.5	87.1	92.3	98.0	102.5	106.3
電壓(V)	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.7	1.2

表 5.4 一個小喇叭（加變壓器）響度與產生電壓

響度 (dB)	74.0	77.8	87.3	92.1	106.6
電壓(V)	0.1	0.2	0.7	1.3	3.9

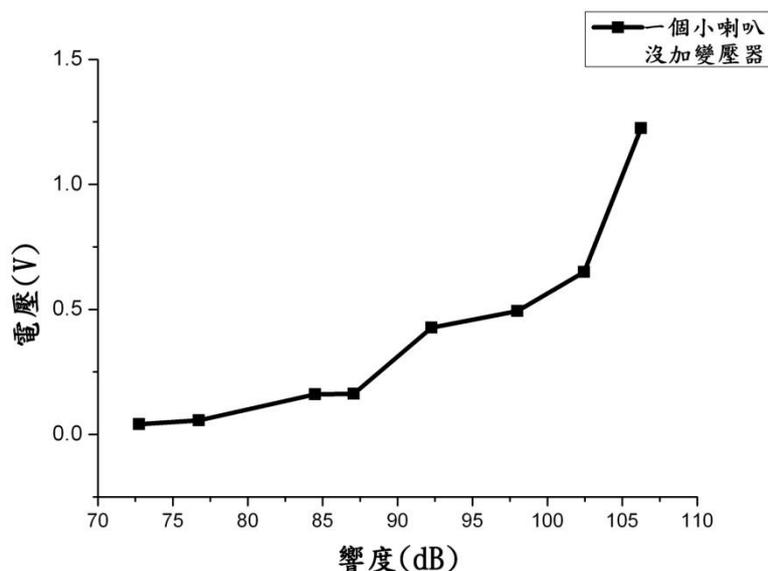


圖 5.5 一個小喇叭（不加變壓器）響度與產生電壓關係圖

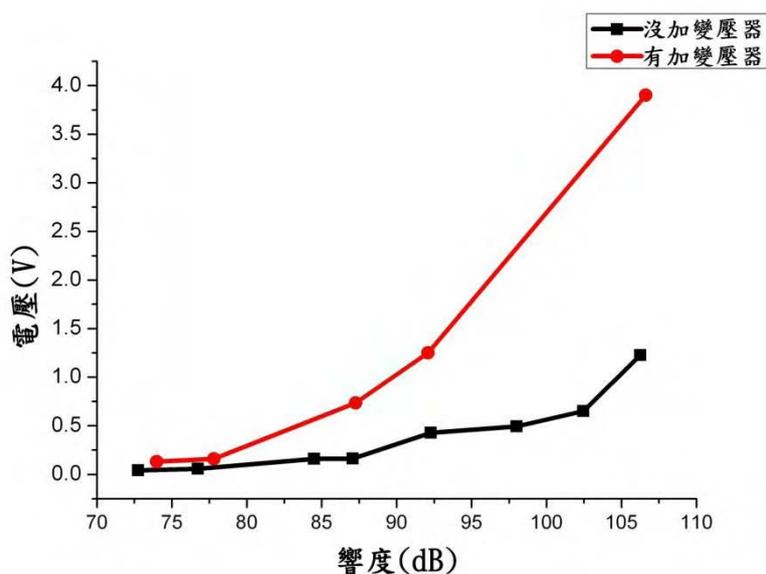


圖 5.6 加變壓器與否對照圖

從數據中我們看出隨著響度的增加，所產生的電壓明顯有增加的趨勢，加上變壓器也可以產生更大的電壓。由於分貝數每增加 10，聲音強度增加 10 倍，所以聲音的響度與產生電壓的關係圖不是呈現正比關係，應可呈現出上升曲線。

由於加上變壓器後，明顯可看出產生的電壓增加，所以下方數據為加上變壓器後的結果。

2.比較喇叭串聯個數的影響

表 5.5 不同數量小喇叭（加變壓器）串聯響度與產生電壓比較

一個喇叭	響度 (dB)	74.0	77.8	87.3	92.1	106.6	
	電壓(V)	0.1	0.2	0.7	1.3	3.9	
二個喇叭 串聯	響度 (dB)	73.3	76.5	83.0	87.6	94.0	
	電壓(V)	0.2	0.2	0.2	2.2	12.3	
四個喇叭 串聯	響度 (dB)	71.8	77.3	82.1	87.5	92.4	98.6
	電壓(V)	0.2	0.2	1.2	3.1	12.8	13.0

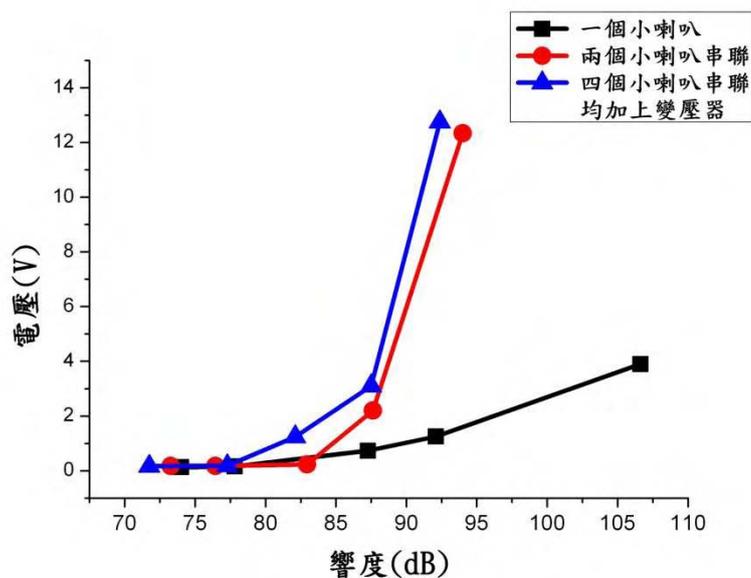


圖 5.7 不同數量小喇叭串聯響度與產生電壓比較圖

我們的目的是將每個小喇叭視為一個發電機或視為數個電池，經由串聯的方式將電壓提高，數據中我們明顯看出喇叭串聯可以增加產生的電壓。但串聯個數與產生電壓不成正比關係，二個與四個串聯的情形尤為明顯。

3. 測量一個大喇叭加變壓器與否所產生電壓

表 5.6

不加變壓器	響度 (dB)	72.8	77.9	82.4	87.1	92.7	97.6	102.2
	電壓(V)	0.3	0.3	0.9	0.9	2.5	3.3	5.0
加變壓器	響度 (dB)	73.0	77.9	88.1	93.4			
	電壓(V)	2.9	3.1	11.4	17.5			

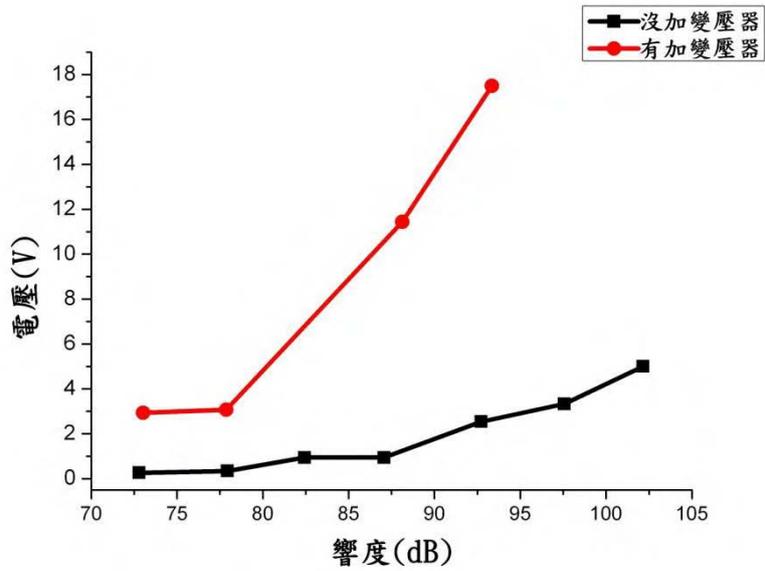


圖 5.8 大喇叭加變壓器與否對照圖

大喇叭在實驗時的響度無法加大，這是因為如果響度再加大，則產生的電壓很容易就超出示波器量測的範圍。

4.比較一個小喇叭與大喇叭（均加變壓器）產生電壓

表 5.7

小喇叭	響度 (dB)	74.0	77.8	87.3	92.1	106.6
	電壓(V)	0.1	0.2	0.7	1.3	3.9
大喇叭	響度 (dB)	73.0	77.9	88.1	93.4	
	電壓(V)	2.9	3.1	11.4	17.5	

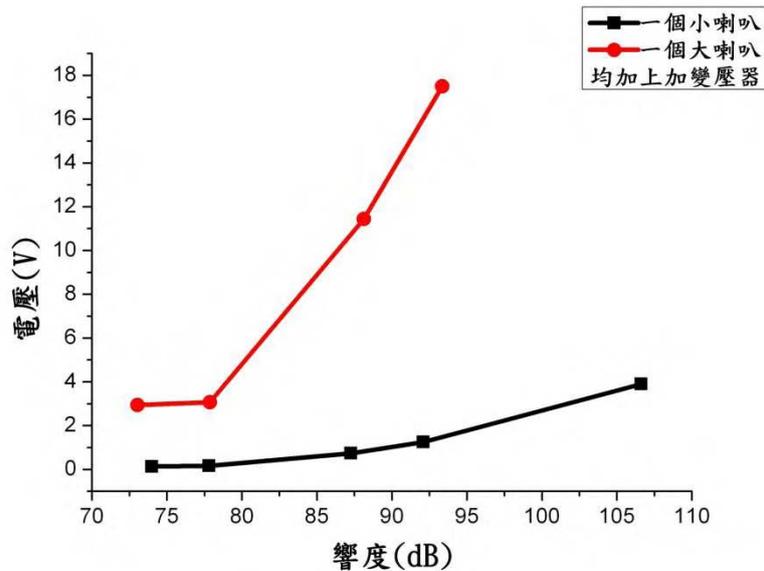


圖 5.9 響度與產生電壓的關係圖

上表可明顯知道，大喇叭產生的電壓較大。其中的原因還需要再進一步的研究，我們的想法有三個，一為大小喇叭內部的線圈數不見得相同，如果不同就有可能產生不同的電壓；二為大小喇叭振動膜的面積不同；三為一般音響的喇叭音箱內有兩個或多個組合，通常小喇叭為高音喇叭、大喇叭為低音喇叭，又因為本實驗的發音體為大鼓，音頻較低（大約 50Hz），較易與大喇叭產生共振。以上論點需做進一步的研究。

5.利用四個喇叭串聯並以 LED 取代示波器，當敲擊鼓時 LED 會發亮，如圖 5.10，這讓我們更進一步知道我們的裝置可以發出電來。

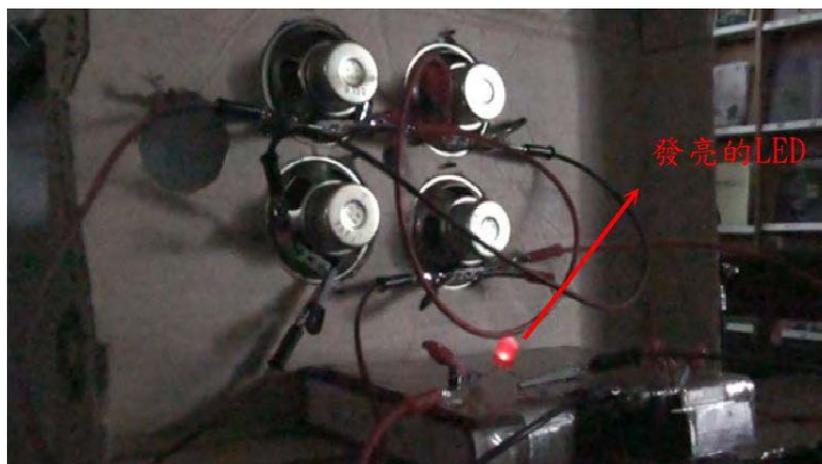


圖 5.10 LED 發亮情形

實驗三、研究聲音的頻率與喇叭接收效率之間的關係

(一) 實驗步驟

1.利用波形產生器將訊號輸入擴大機，再由擴大機輸出至音響喇叭發出聲音。實驗配

置圖如圖 5.11。

2. 固定輸出聲音的響度大小（85 分貝），調整波形產生器輸出頻率，使音響喇叭發出不同頻率的聲音，測量接收喇叭所產生的電壓大小，將結果（表 5.8）繪製成圖 5.12 及圖 5.13。

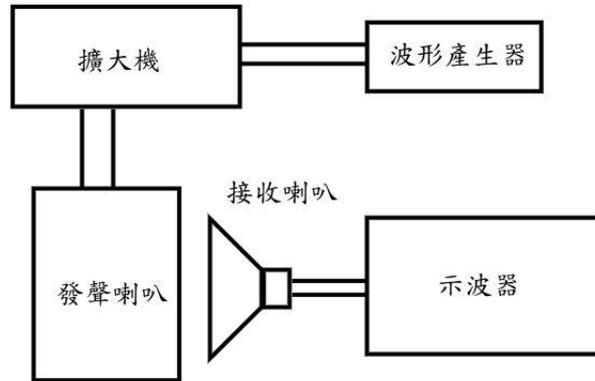


圖 5.11

（二）實驗結果

表 5.8 小喇叭（加變壓器）與聲音頻率的關係

頻率(Hz)	20	30	40	50	100	150	200	250	300	350	400
電壓(V)	0.22	0.26	0.22	0.08	0.11	0.1	0.18	0.15	0.06	0.04	0.012

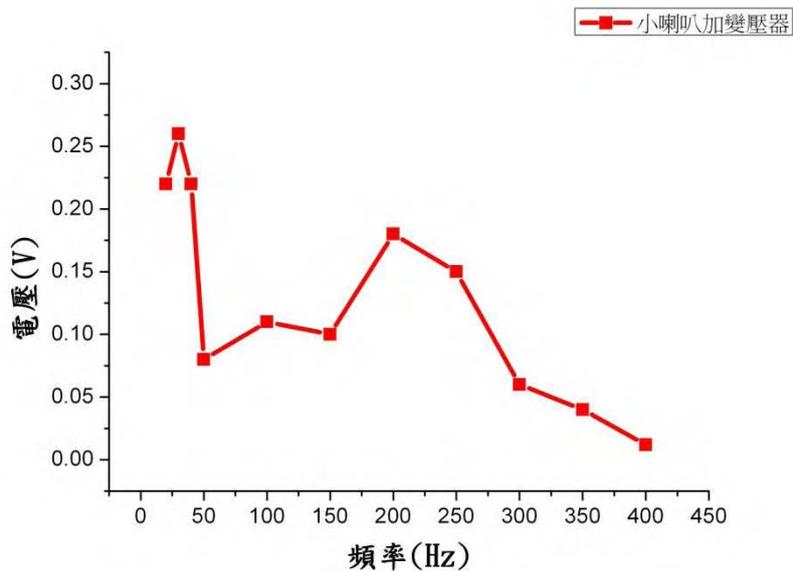


圖 5.12 小喇叭（加變壓器）與聲音頻率的關係

小喇叭在頻率 30Hz 的轉換效率最高，而在 200Hz 左右也有一個相對高峰。

表 5.9 大喇叭（加變壓器）與聲音頻率的關係

頻率(Hz)	20	30	40	50	100	150	200	250	300	350	400
電壓(V)	2.2	2.6	2.5	1.4	0.6	0.2	0.12	0.08	0.06	0.06	0.05

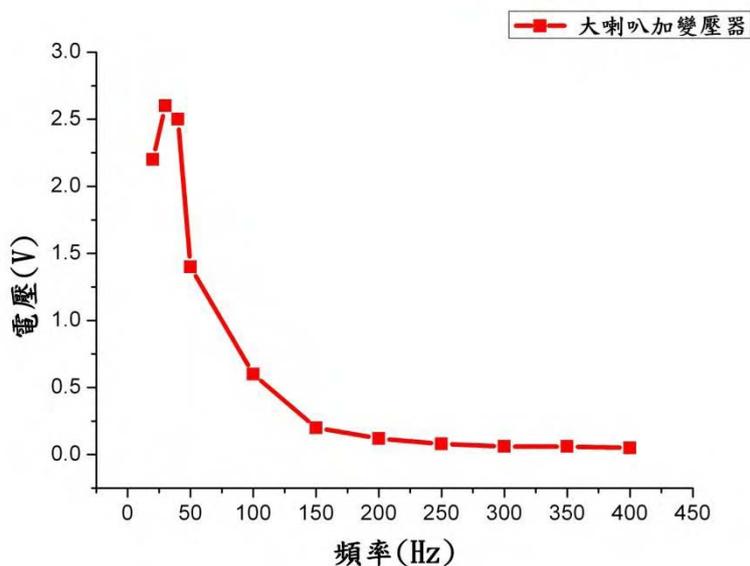


圖 5.13 大喇叭（加變壓器）與聲音頻率的關係

大喇叭在頻率 30Hz 的轉換效率最高。

陸、討論

我們利用生活上較容易取得的音響喇叭，作為吸收聲音的媒介。因為喇叭是一個把電能轉為機械振動再擾動空氣變成聲音的一個能量轉換器，而我們反過來使用，則能利用其中的線圈與磁鐵，藉由聲音振動帶動線圈位移，而與中心磁鐵產生磁場變化產生感應電流而製作出一個構造簡單的聲音發電機。

在實驗一，我們先測定使用的變壓器放大倍率的穩定度，發現該變壓器在輸入電壓 0.8V ~ 8V 間的放大倍率約在 10 ± 1 左右；電壓再降低，放大倍率略為升高。對照實驗二中的大、小喇叭加變壓器與否所產生的電壓（表 5.3、表 5.4 和表 5.6），發現大喇叭加變壓器的放大倍率較接近實驗一的結果，約為十倍左右；但小喇叭卻在三倍左右。

實驗二，敲大鼓產生電壓，發現鼓聲的響度越大，我們得到的電壓越大，符合國中理化課所學：聲音是一種能量，而能量之間彼此可以轉換。且進一步證實我們接的喇叭可以成為一個能量轉換器，產生電能。而響度大小與產生電壓的關係圖（圖 5.6、圖 5.7 和圖 5.8）呈現上升曲線，亦符合分貝數與聲音強度的關係並非是正比。

實驗二，我們嘗試將數個喇叭串聯來觀察產生電壓，發現簡單的串聯可以增大電壓。但串聯個數越多，產生電壓的增加現象越不明顯（圖 5.7）。喇叭串聯可以增加產生的電壓符合原先我們的想法：將每個小喇叭視為一個發電機或視為數個電池，經由串聯的方式將電壓提

高。但增加率與串聯個數不是呈現正比關係，可能的原因還需要進一步研究。我們猜想其中原因之一，可能在裝置上我們採用紙版將四個小喇叭固定，紙版的影響也許是其中可能的原因。

喇叭的大小也與產生的電壓有著重要的關係。在實驗二，我們發現大喇叭比起小喇叭能產生更大的電壓（圖 5.9），其中的原因是一個可以再研究的課題。我們的想法有三個，一為大小喇叭內部的線圈數不見得相同，如果不同就有可能產生不同的電壓；二為大小喇叭振動膜的面積不同；三為一般音響的喇叭音箱內有兩個或多個組合，通常小喇叭為高音喇叭、大喇叭為低音喇叭。因為本實驗的發音體為大鼓，音頻較低（大約 50Hz），較易與大喇叭產生共振。所以我們嘗試在固定響度大小下，改變聲音的頻率作實驗三。發現在響度 85 分貝時，大、小喇叭在大鼓頻率（50Hz）所產生的電壓分別是 1.4V 和 0.08V，比值約為 17.5。對照實驗二的表 5.7 中，大、小喇叭在響度約 88 左右所產生的電壓分別是 11.4V 和 0.7V，比值約為 16.3，大致符合。

實驗三，我們同時發現聲音的頻率和喇叭的大小都會影響接收效率。小喇叭（75mm）在頻率 30Hz 的轉換效率最高（0.26V），而在 200Hz 左右也有一個相對高峰（0.18V）。而大喇叭（200mm）在頻率 30Hz 的轉換效率最高（2.6V）。

柒、結論

一、應用

從上述的研究，我們知道聲音的響度越大，我們得到的電壓越大。再利用簡單的串聯可以增大電壓，並藉由變壓器的放大我們得到更大的電壓。這樣的電壓可以讓 LED 燈越過工作電壓而發光發亮。

本實驗製作了一個可應用聲音的發電機，隨手可得、簡單易做又能將廢棄喇叭回收再利用。不過這麼微小的電當然不能應用在生活上，如果能改進發電效率產生更高的電能，相信能應用在生活中。因為生活中到處充滿噪音，收集這些能量應用於發電，不僅可以發出我們生活所需的電力，更不會增加環境的汙染，反而將污染（噪音和廢棄物）再利用成能源。

二、實驗改進與展望

（一）我們採用大鼓來發出聲音，響度的大小依靠我們打鼓的力量大小來控制，這樣的方法每次發出的音量大小無法如我們所願，更不易產生相同的響度來比較大、小喇叭所能產生的電壓。如果使用音響來發出音樂，聲音可以控制，不過音頻不能固定（聲音失真）。所以我們希望能有一個能發出單頻的發音體，而且能控制音量，這樣我們研究的準確度會更好。

（二）實驗數據有許多不準確的數值，原因可能是喇叭線圈及振動膜有其位移的極限，當響度很大時，位移到了極限，使得數據準確度受到質疑。另外，一個原因就是使用 DV 來判讀數據，台灣採用的視訊標準是 NTSC，每秒取樣 29.97 個畫面，而聲音的頻率在幾百 Hz，中間是否有畫面漏掉的問題？改善的最好方式就是能將示波器的數據以數位的方式直接輸出，這樣就能避免中間的誤差。

(三) 這個研究還有許多可以努力的地方，例如：大喇叭與小喇叭有兩點最主要的差異，第一為收音面積不同，第二為質量也不同。這些都可能影響著能量的收集與電能的轉換，可以再做進一步的研究

捌、參考資料

國中自然與生活科技（翰林版）三下第二章

國中自然與生活科技（康軒版）二上第三章

【評語】 030803

1. 能考慮以較少使用到之聲音來進行發電，值得肯定。
2. 能設計一系列之實驗，對於聲音發電進行廣泛之了解。
3. 對於定量之實驗可以再設計一系列之實驗，以深入了解聲音發電之影響性。