

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080117

「磁」母「水」中線—排水口的廢水環保發電機

學校名稱：新北市新莊區光華國民小學

作者：	指導老師：
小六 鄭申皓	黃炯彬
小六 張家瑋	林素霞
小六 蘇一修	
小六 陳文禹	
小六 阮思翰	
小六 孫康軒	

關鍵詞：電磁鐵、發電、水力

摘要

我們使用可再次回收利用的環保材料，用電磁感應的原理和鈷硼強力磁鐵設計成小型的發電機，並且將這個小型發電機**放在洗手台和排水口出口的地方，讓水流帶動發電機來再次利用水流而不會浪費**。我們先比較了線圈粗細、圈數、長短、層數的磁力哪個比較好，發現圈數最為重要，因此選擇直徑 0.2mm 的線圈，可以纏得圈數最多；再接著比較 200 圈、400 圈、600 圈和 800 圈的電壓、電流，發現 600 圈效率最高，並發現 **600x8 的線圈設計，最高可產生 2.3 伏特的電壓**；最後我們使用了不同片數、角度的扇葉，以及不同高度的水流位置，找出最有效的發電方式，希望**以體積小、效率高的優點**，將來能使用在各個排水口的環保發電能源。

壹、研究動機：

我們一開始朝「再生能源」方向前進，而我們在自然課中(六上第四單元)學到了有關電磁鐵的課程，因而產生興趣。首先做了自製手搖發電機，但產生的電力過小，而且人力有限，無法永久有發電的效果。後來在一次洗手的時候，我們發現**水直接流到水溝裡面，感覺有點浪費**，所以我們**希望能做出使用外力借助，如水力(馬桶沖水、洗澡排放廢水…)的磁力發電機**。而我們和從前的發電機最大的不同是，我們使用的幾乎都是生活中回收再利用的材料，而且希望在水流下水溝之前，還能進行環保又充分的利用，最後做出**體積小、效率高的環保再生能源發電機**，來預防能源危機。

貳、研究目的：

一、探究哪些原因會影響磁力的大小

1. 製作電磁鐵時，漆包線的粗細是否會影響磁力的大小。
2. 製作電磁鐵時，纏繞漆包線的圈數是否會影響磁力的大小。
3. 製作電磁鐵時，鐵心的長度是否會影響磁力的大小。
4. 製作電磁鐵時，鐵心的粗細是否會影響磁力的大小。

二、研究如何利用排水口的廢水來發電

1. 製作效率最佳、體積小的發電設備。
2. 探究發電機電功率與線圈圈數的關係。
3. 探討不同管徑排水管與發電效能的關係。
4. 探討不同寬度、長度葉片與發電效能的關係。
5. 探究不同樓層高度的排水口，和發電效能的關係。

文獻探討

1. 第 53 屆中小學科展，發電 800W—廢棄運動風扇腳踏車變身發電機

由此科展文獻瞭解到，磁鐵排列方式 NN、SS、NS 當中，以 NS 交互排列的方式發電效果最好，因為磁力變化大，產生的感應電流、電壓和電功率比較大。

2. 第51屆中小學科展，綠能機—利用回收磁碟機進行小型水力發電之開發研究

由此科展文獻瞭解到，水力發電的風扇葉片角度可以製作成 30° 、 60° 、 90° 的方式，而其中是角度 90° 的效果最好；以及不同的葉片數量會有影響，3 葉片、4 葉片、6 葉片和 8 葉片當中，是 8 葉片效果最好。

3. 第 48 屆中小學科學展，閃電二號—水平感應發電機之研究與應用

由此科展文獻瞭解到，強力磁鐵和線圈的排列方式，以水平感應的方式會有最佳的效果。

參、研究設備及器材：

				
三用電表	伏特計	安培計	剝線器	漆包線
				
砂紙	電路裝置	電池	迴紋針	游標尺
				
剪刀	鈷硼強力磁鐵	竹籤	塑膠瓶、寶特瓶	LED 燈
				
鐵釘	排水管	酒精燈	電鑽(1250 轉/分)	熱熔槍

肆、研究過程方法及與結果發現

實驗一、不同粗細漆包線分別纏繞相同鐵釘 30 圈，60 圈，90 圈產生磁力大小

一、實驗步驟：

1. 在等長同粗的鐵釘上纏同粗細漆包線線圈，分別纏繞 30 圈、60 圈和 90 圈。
2. 測出在相同電量通電後吸取迴紋針數量，連續做五次取三次紀錄

(1)纏繞 30 圈吸取迴紋針數量紀錄如下：

單位：支

漆包線直徑 次數	粗(0.45mm)	中(0.4mm)	細(0.25mm)
第一次	6	6	7
第二次	6	7	6
第三次	6	6	7
平均	6	6.5	6.6

表 1-1 漆包線圈數(30)和磁力的關係表

(2)纏繞 60 圈吸取迴紋針數量紀錄如下

單位：支

漆包線直徑 次數	粗(0.45mm)	中(0.4mm)	細(0.25mm)
第一次	22	18	22
第二次	19	16	20
第三次	18	14	16
平均	19.6	17	19.3

表 1-2 漆包線圈數(60)和磁力的關係表

(3) 纏繞 90 圈吸取迴紋針數量紀錄如下

單位：支

漆包線直徑 次數	粗(0.45mm)	中(0.4mm)	細(0.25mm)
第一次	27	22	23
第二次	28	18	21
第三次	21	16	21
平均	25.3	18.6	21.6

表 1-3 漆包線圈數(90)和磁力的關係表

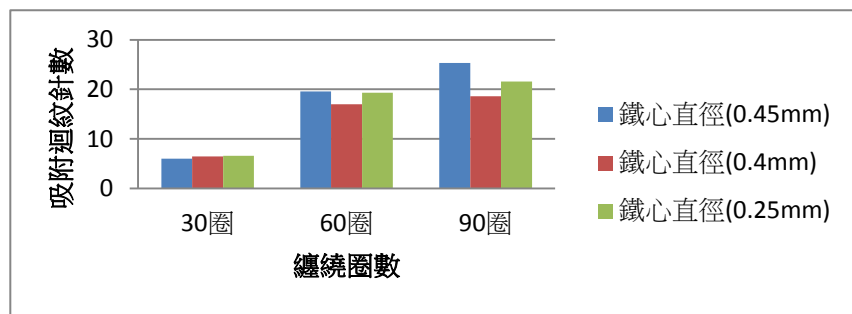


圖 1-1 漆包線圈數和磁力的關係圖

二、實驗結果討論：

1. 不論漆包線的粗細，通過相同的電壓時，纏繞線圈越多磁力越大。
2. 分別不同粗細繞 90 圈、60 圈及 30 圈所產生磁力是直徑 0.45mm 粗的強於直徑 0.40mm 及 0.25mm 的漆包線，但 0.4mm 直徑卻最弱這樣的關係需再做實驗二確認。

實驗二、不同粗細分取 50cm，100cm 等長度纏繞等長同粗的鐵釘的磁力大小

一、實驗步驟：1 取不同粗細漆包線 50 公分和 100 公分，纏繞在等長同粗的鐵釘。

2. 測出在相同電量通電後吸取迴紋針數量，連續做五次取三次紀錄。

(一) 纏繞漆包線 100 公分

單位：支

漆包線直徑 次數	粗(0.40mm)	中(0.29mm)	細(0.19mm)	合計
第一次	25	22	11	58
第二次	28	23	15	66
第三次	27	25	14	66
平均	26.6	23.3	13.3	

表 2-1 長度 100cm 漆包線和磁力的關係表

(二) 纏繞漆包線 50 公分

單位：支

漆包線直徑 次數	粗(0.40mm)	中(0.29mm)	細(0.19mm)	合計
第一次	15	10	8	33
第二次	13	12	8	33
第三次	14	12	7	33
平均	14.0	11.3	7.6	

表 2-2 長度 50cm 漆包線和磁力的關係表

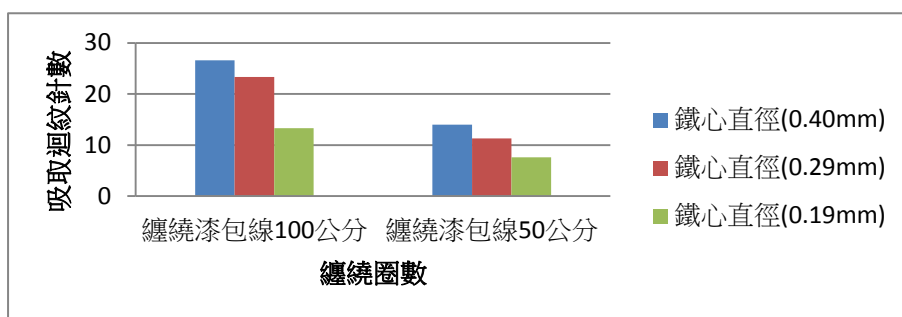


圖 2-1 漆包不同長度和磁力的關係圖

二、實驗結果討論：

由實驗得知漆包線相同長度時是越粗產生磁力越強，電壓越強磁力越強。

實驗三、比較粗細不同的漆包線製作出電磁鐵產生磁力大小

一、實驗步驟：

1. 分別在等長同粗的鐵釘上纏繞不同粗細漆包線，線圈總長度相同。
2. 測出在相同電量通電後吸取迴紋針數量，連續做五次取三次紀錄。



不同粗細線圈纏繞總長度相同

單位：支

漆包線直徑 次數	粗(0.45mm)	中(0.4mm)	細(0.25mm)
第一次	8	10	12
第二次	6	7	9
第三次	7	11	13
平均	7	9.3	11.6

表 3-1 不同粗細線圈纏繞總長度相同磁力比較表

二、實驗結果討論

1. 纏繞相同距離的線圈時，我們測得細的漆包線磁力較強，粗的漆包線磁力較弱。
2. 由表 3-1 我們觀察到粗漆包線的磁力反而比較弱，因為細的漆包線纏繞的圈數較多，得知圈數的多寡比漆包線粗細影響磁力比較大。

實驗四、製作電磁鐵的鐵心長度會不會影響磁力大小

第一組：採直徑 0.4mm 長 80cm 的漆包線，分別在長度 4cm、6cm、8cm、10cm、12 cm 的鐵心(14#)中心纏繞漆包線 1cm，前後留 5cm 漆包線。

不同長度的鐵心，漆包線 80cm



單位：支

鐵心長度 次數	4cm	6cm	8cm	10cm	12 cm
第一次	13	9	13	10	18
第二次	16	12	16	15	20
第三次	15	17	17	18	17
第四次	10	16	17	13	22
第五次	14	17	17	16	17
平均	13.6	14.2	16	14.4	18.8

表 4-1 不同鐵心長度(80cm 漆包線)與磁力大小關係表

第二組：採直徑 0.4mm 漆包線長 40cm，分別在長度 4cm、6cm、8cm、10cm、12 cm 的鐵心(14#)中心纏繞漆包線 1cm，前後留 5cm 漆包線。

不同長度的鐵心，漆包線 40cm

單位：支



鐵心長度 次數	4cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm
第一次	14	21	18	16	13
第二次	13	10	7	11	7
第三次	13	15	16	16	11
第四次	14	14	12	12	12
第五次	13	17	10	13	16
平均	13.4	15.4	12.6	13.6	11.8

表 4-2 不同鐵心長度(40cm 漆包線)與磁力大小關係表

第三組：採直徑 0.4mm 漆包線長 20cm，分別在長度 4cm、6cm、8cm、10cm、12 cm 的鐵心(14#)中心纏繞漆包線 1cm，前後留 5cm 漆包線。

不同長度的鐵心，漆包線 20cm

單位：支



鐵心長度 次數	4cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm
第一次	2	1	3	1	1
第二次	2	1	1	2	3
第三次	3	1	1	2	1
第四次	6	2	3	2	3
第五次	4	3	3	2	2
平均	3.4	1.6	2.2	1.8	2

表 4-3 不同鐵心長度(20cm 漆包線)與磁力大小關係表

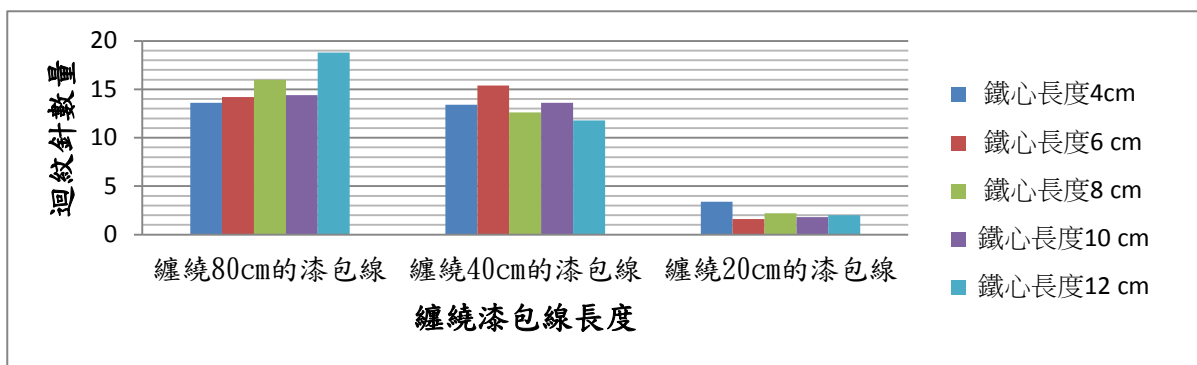


圖 4-1 不同鐵心長度與磁力大小關係圖

實驗結果討論：

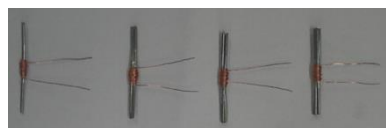
分別由第一組漆包線 80 公分第二組漆包線 40 公分第三組漆包線 20 公分纏繞出不同圈數影響磁力大小較為明顯，圈數越多、鐵心越長吸取迴紋針越多，圈數越少、鐵心越長吸取的迴紋針越少。

實驗五：製作電磁鐵時鐵心的粗細會影響磁力的大小嗎？

第一組：鐵心長 6cm，分別為 14#x1 14#x2 14#x3 14#x4 不同粗細，均用漆包線長 80cm，在鐵心中央 1cm 之間纏繞直徑 0.4mm 的漆包線。

不同粗細的鐵心，漆包線 80cm

單位：支



鐵心粗細 次數	鐵心 14#x1	鐵心 14#x2	鐵心 14#x3	鐵心 14#x4
第一次	20	27	17	19
第二次	16	14	19	21
第三次	14	18	21	16
平均	15.8	17.6	20.2	20.2

表 5-1 粗細不同鐵心（80cm 漆包線）與磁力大小關係表

第二組：鐵心長 6cm，分別為 14#x1 14#x2 14#x3 14#x4 不同粗細，均用漆包線長 40cm，在鐵心中央 1cm 之間纏繞直徑 0.4mm 的漆包線

不同粗細的鐵心，漆包線 40cm

鐵心粗細 次數	鐵心 14#x1	鐵心 14#x2	鐵心 14#x3	鐵心 14#x4
第一次	16	15	15	8
第二次	14	15	14	8
第三次	17	15	18	9
平均	16.4	15.4	15.4	8.6

表 5-2 粗細不同鐵心（40cm 漆包線）與磁力大小關係表

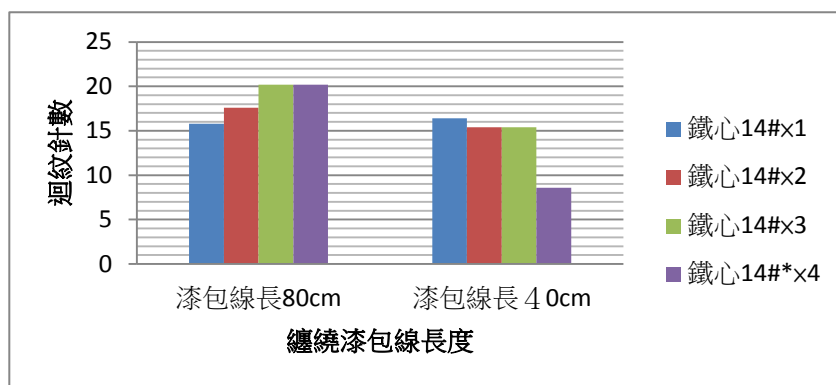


圖 5-1 不同粗細鐵心、不同長度漆包線與磁力大小關係圖

實驗結果討論：

由第一組漆包線 80 公分第二組漆包線 40 公分纏繞出不同圈數影響磁力大小較為明顯，圈數越多、鐵心越粗吸取的迴紋針越多，圈數越少、鐵心越粗吸取迴紋針數越少。

實驗六：利用強力磁鐵和線圈製作發電機

一、發電機試做

當我們發現線圈圈數影響最重要之後，便開始實際利用磁鐵與線圈製作發電機。一開始，我們利用回收的瓶子，纏繞上直徑 0.5mm 的線圈，但是因為漆包線太粗，最多只能纏繞到 150 圈就會散掉，接著在中間放入強力磁鐵，並以手搖的方式進行發電，最後竟然就可以使 LED 燈泡發亮了！



0.5mm*150 圈手搖發電

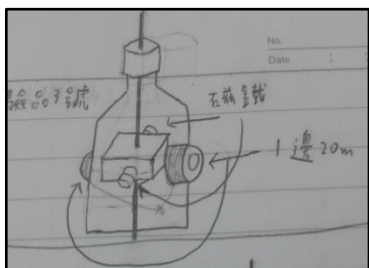
二-1、討論並畫出設計圖與實作

我們討論後發現手搖發電機效果不佳，而且要搖得速度很快才會發亮，有點浪費人力，所以我們進行資料查詢、討論與修正。

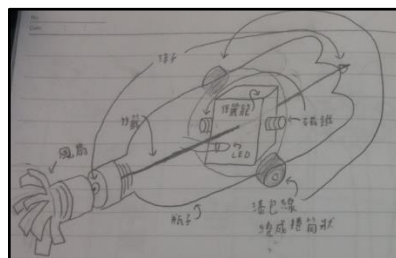
(一)設計圖 1

經過討論後，我們決定將磁鐵改成旋轉的方式來設計：

1. 以竹籤為軸心，將強力磁鐵黏在珍珠板上，放在寶特瓶中間。
2. 兩端選擇較細的 0.3mm 的漆包線纏繞，每個線圈 20M 長。
3. 串聯兩個線圈，並連接 LED 燈泡。



第一代發電機設計圖(內部構造)



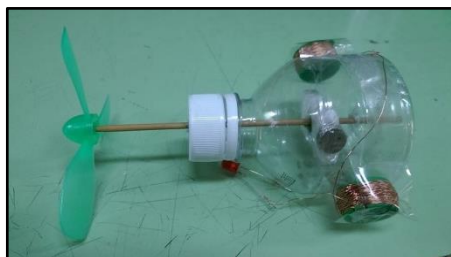
第一代發電機設計圖(全部)

※**轉速測量**：我們原本用手轉動，可是發現沒有辦法穩定的旋轉，在討論過後決定用電鑽夾住竹籤，並用電鑽的三種轉速來測量。

電鑽轉速：1250 轉/分 轉速 1→(7.1 轉/秒)，轉速 2→(14.2 轉/秒)

轉速 3→(21.3 轉/秒)

(二)實作圖 1



第一代發電機(實作成品)



第一代發電機
最大電壓 0.2V

(三)實驗結果

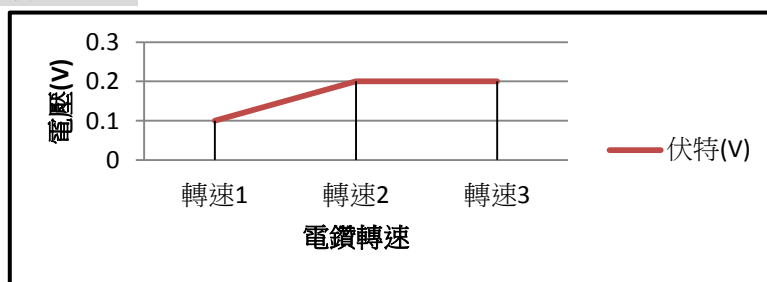


圖 6-1 第一代發電機轉速與電壓(V)關係圖

	轉速 1(7.1 轉/秒)	轉速 2(14.2 轉/秒)	轉速 3(21.3 轉/秒)
第 1 次	0.1V	0.2V	0.2V
第 2 次	0.1V	0.2V	0.2V
第 3 次	0.1V	0.2V	0.2V
平均	0.1V	0.2V	0.2V

表 6-1 第一代發電機轉速與電壓(V) 關係表

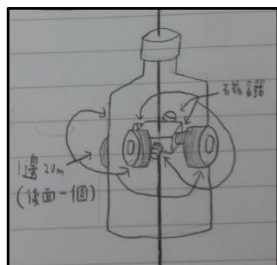
二-2、討論問題原因與改進

我們的設計可以使軸心轉動的相當快速而且很順暢，這是令我們非常開心的，不過我們卻仍然沒辦法使 LED 燈泡發亮。因此我們討論出要改進以下項目：

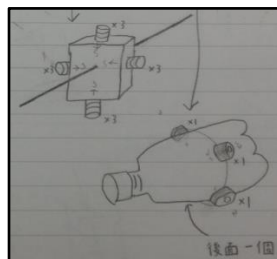
1. 增加線圈的圈數與數量。
2. 減少磁鐵與線圈的距離，讓磁力線靠近線圈，產生感應電流。
3. 增加強力磁鐵的數量與磁力。

(一)設計圖 2

1. 四邊選擇 0.3mm 的漆包線纏繞，每個線圈 20M 長。
2. 增加強力磁鐵數目 3X4 總共 12 個，使磁鐵更靠近線圈。
3. 串聯四個線圈，並連接 LED 燈泡。
4. 強力磁鐵以 NS 及交互排列，發電效果最佳。



第二代發電機設計圖(內部構造)



第二代發電機設計圖(全部)

(二)實作圖 2



第二代發電機(實作成品)



第二代發電機最大電壓 0.5V

(三)實驗結果

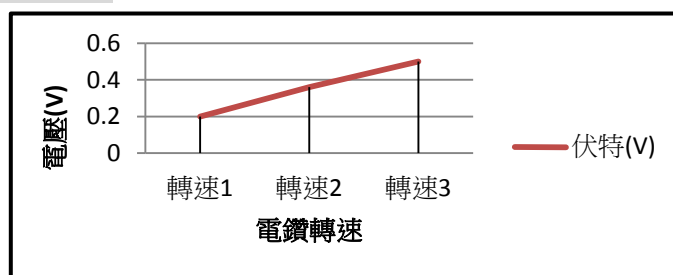


圖 6-2 第二代發電機轉速與伏特(V)關係圖

	轉速 1(7.1 轉/秒)	轉速 2(14.2 轉/秒)	轉速 3(21.3 轉/秒)
第 1 次	0.2V	0.3V	0.5V
第 2 次	0.2V	0.4V	0.5V
第 3 次	0.2V	0.4V	0.5V
平均	0.2V	0.36V	0.5V

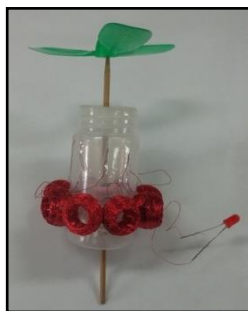
表 6-2 第二代發電機轉速與伏特(V)關係表

二-3、改良與設計完成實品

四組線圈和四組磁鐵還是沒辦法讓 LED 燈泡發亮，因此再次改良的方式：

1. 縮小瓶子的半徑，讓磁力線更靠近線圈，產生感應電流。
2. 選擇直徑 0.2mm 的漆包線，能纏繞更多圈數增加發電。
3. 串聯 8 個線圈，並連接 LED 燈泡。
4. 增加線圈數量為 8 組，繞瓶子一圈，讓磁鐵能夠不斷通過線圈。

(一)實作圖 3



第三代發電機(實作成品)



第三代發電機最大電壓 2.3V

(三)實驗結果

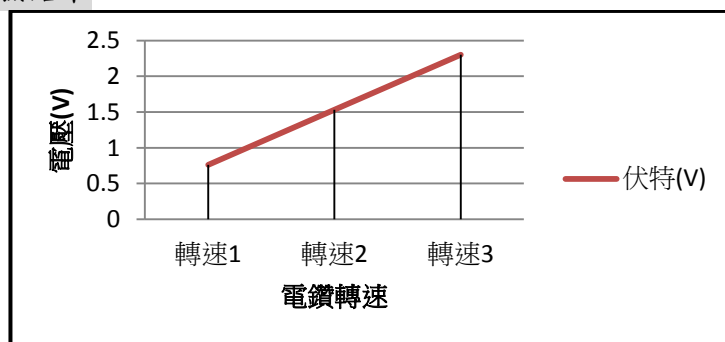


圖 6-3 第三代發電機轉速與電壓(V)關係圖

	轉速 1(7.1 轉/秒)	轉速 2(14.2 轉/秒)	轉速 3(21.3 轉/秒)
第 1 次	0.7V	1.5V	2.3V
第 2 次	0.8V	1.6V	2.3V
第 3 次	0.8V	1.5V	2.3V
平均	0.76V	1.53V	2.3V

表 6-3 第三代發電機轉速與電壓(V)關係表

經由實驗結果，我們發現第三代發電機的電壓能夠產生的最大電壓為 2.3V，並且一般使用手轉動就可以讓 LED 燈泡發亮，達到發電的效果！

三、實驗結果比較與分析

1. 根據表 6-1 發現，第一代發電機最大電壓為 0.2V。
2. 根據表 6-2 發現，第二代發電機最大電壓為 0.5V。
3. 根據表 6-3 發現，第三代發電機最大電壓為 2.3V。

我們發現第三代發電機產生的電壓最大，因此我們選擇第三代進行實驗。

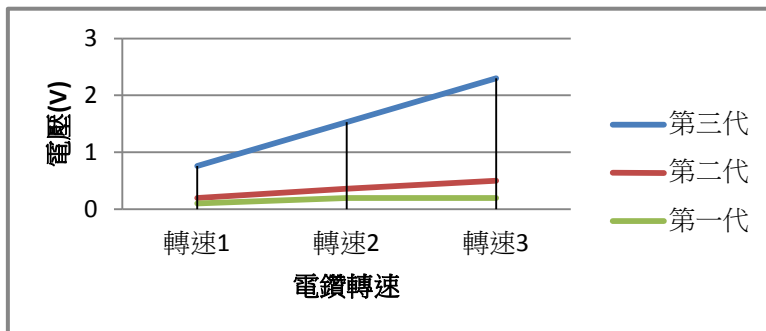
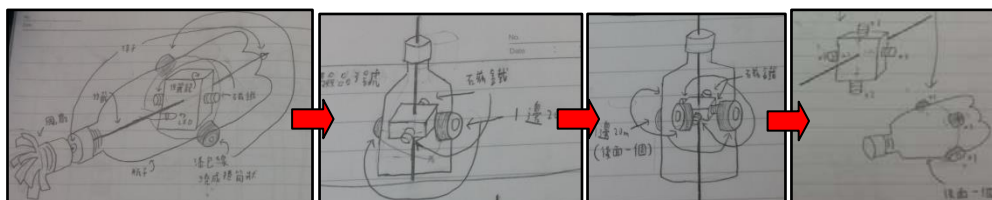
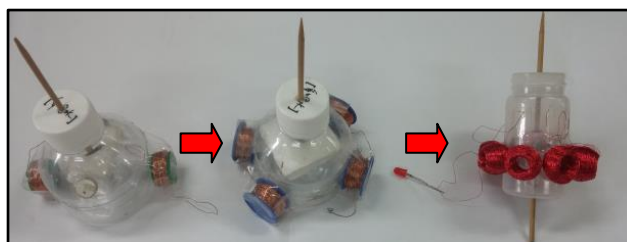


圖 6-4 歷代發電機轉速與電壓(V)比較圖

四、設計圖與成品改進



發電機設計演進圖



發電機成品演進圖

實驗七：發電電功率(W)與線圈圈數的關係

一、實驗設計

而為了能夠使實驗的轉速都能夠相同，我們使用了有 3 段轉速的「電鑽」，當作測量電功率(W)的器材。

轉速：轉速 1(7.1 轉/秒)，轉速 2(14.2 轉/秒)，轉速 3(21.3 轉/秒)

1. 使用直徑 0.2mm 的漆包線。
2. 分別纏繞 200×2、400×2、600×2 和 800×2 的組合方式。
3. 使用三用電表和橋式整流器記錄最大轉速時的電壓和電流。
4. 電功率公式：電功率=電壓×電流 (P=V×I)



不同線圈數的漆包線和成品



電鑽最高轉速記錄的裝置方式

二、線圈圈數多寡與電功率的關係

(實驗一-1) 200 圈×2



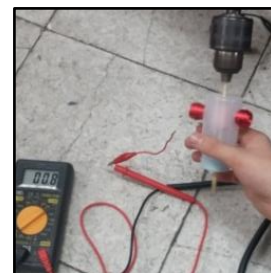
最高 0.1V(轉速 21.3 轉/秒)，電流 0.10A，電功率=0.01W

(實驗一-2) 400 圈×2



最高 0.3V(轉速 21.3 轉/秒)，電流 0.16A，電功率=0.048W

(實驗一-3) 600 圈×2



最高 0.8V(轉速 21.3 轉/秒)，電流 0.27A，電功率=0.216W

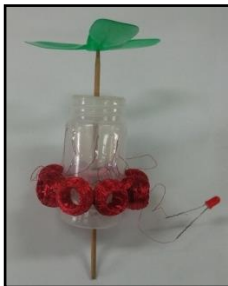
(實驗一-4)800 圈×2



最高 0.4V(轉速 21.3 轉/秒)，電流 0.21A，電功率=0.084W

(實驗二)800 圈×8

由實驗結果發現 600 圈電功率最好，用 600 圈的線圈加上第三代發電機的方式。



最高 2.3V(轉速 21.3 轉/秒)，電流 0.65A，電功率=1.495W

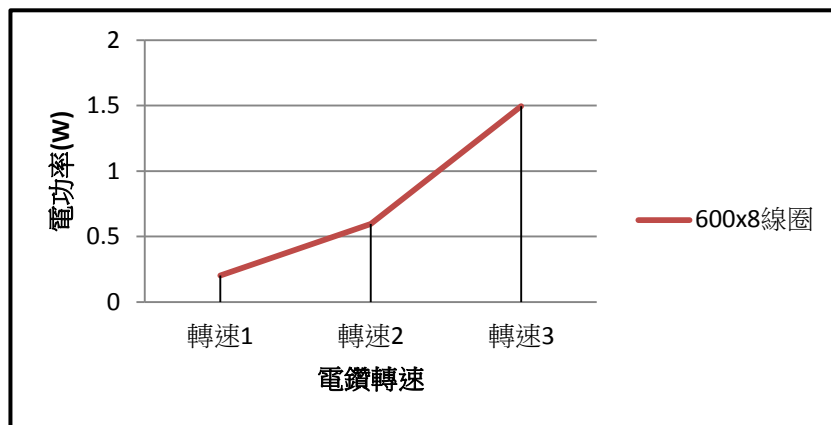


圖 7-1 線圈 600×8 的電功率

	伏特 V	安培 A	電功率 W
轉速 1	0.76	0.27	0.2025
轉速 2	1.53	0.39	0.5967
轉速 3	2.3	0.65	1.495

表 7-1 線圈 600×8 的電壓、電流和電功率

三、實驗結果比較與分析

1. 根據實驗一-1，最大電壓 0.2V、電流 0.10A，電功率 0.01W。
2. 根據實驗一-2，最大電壓 0.3V、電流 0.16A，電功率 0.048W。
3. 根據實驗一-3，最大電壓 0.8V、電流 0.27A，電功率 0.216W。
4. 根據實驗一-4，最大電壓 0.4V、電流 0.21A，電功率 0.084W。
5. 根據實驗二，最大電壓 2.3V、電流 0.65A，電功率 1.495W。

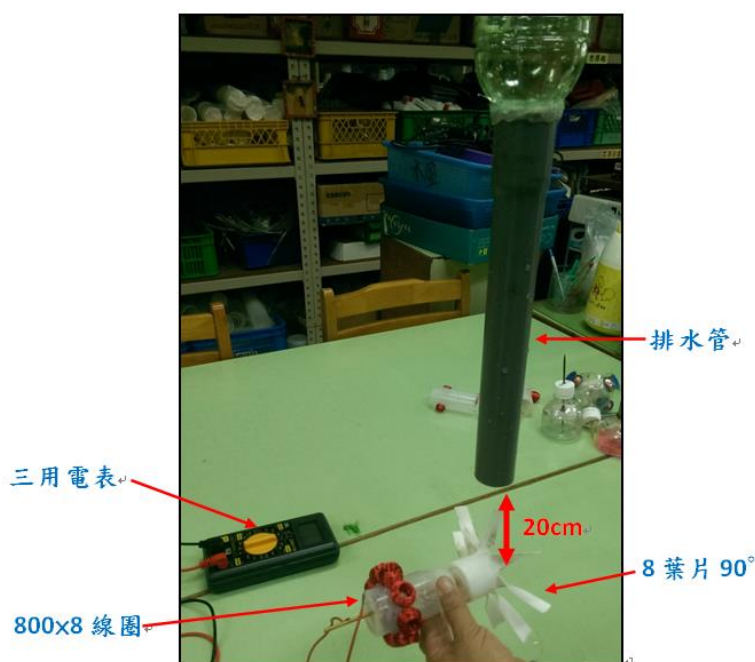
我們觀察實驗一發現 600x2 的電壓、電流和電功率都最高，所以實驗二選擇採用 6x800 圈的線圈，再用三種轉速記錄電功率。

實驗八：利用排水口水流發電的效果

一、實驗設計

從之前的實驗結果發現了 600x8 的線圈，並且使用 N、S 極相互排列的方式能夠產生最大的電壓和電功率，所以就設計出在不同樓層高度的排水口，能夠產生多少電壓的實驗。

1. 使用 8 葉片角度 90° 來讓發電機轉動。
2. 分別在 5 樓、4 樓、3 樓和 2 樓排水口測試。



排水口實驗裝置設計方式

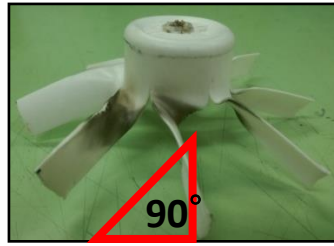
二、排水口發電機製作和發電效果

實驗一、水車葉片製作

我們由之前科展文獻的實驗中，有發現到水車葉片的角度可以製作成 30°、60°、90° 的方式，而其中是角度 90° 的效果最好；另外，我們也發現到不同的葉片數量會有影響，3 葉片、4 葉片、6 葉片和 8 葉片當中，是 8 葉片效果最好。所以我們也利用回收的瓶子來製作 8 葉片角度 90° 的水車。



利用酒精燈加熱製作葉片



角度 90° 的葉片



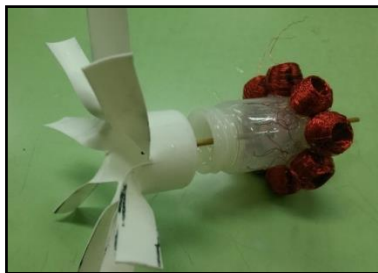
8 葉片水車

實驗二、裝置和實測排水口發電效果

將水車葉片裝上第三代發電機，並且分別在 5 樓、4 樓、3 樓和 2 樓測試各樓層排水口能夠產生的最大、平均電壓。

	5 樓	4 樓	3 樓	2 樓
發電機總高度	3.2m	6.8m	10.3m	13.8m

(各樓層高度約 3.5m，發電機位置約距地面 30cm。)



排水口發電機和葉片



發電機裝置圖
(距離排水口 20cm)

(一)、樓層及最大電壓

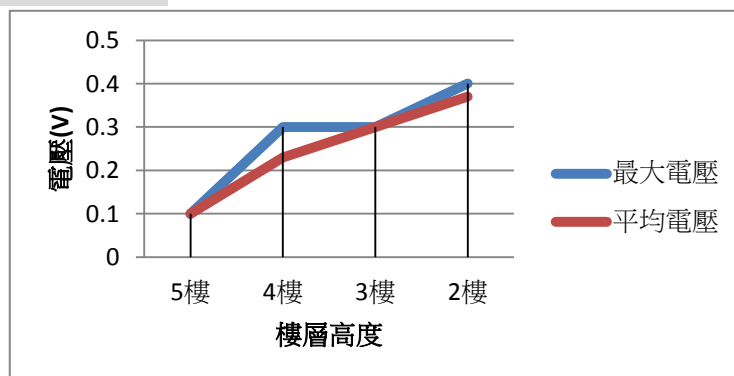


圖 8-1 各樓層高度與電壓關係圖

	二樓	三樓	四樓	五樓
第 1 次	0.4V	0.3V	0.2V	0.1V
第 2 次	0.3V	0.3V	0.2V	0.1V
第 3 次	0.4V	0.3V	0.3V	0.1V
平均	0.37V	0.3V	0.23V	0.1V

表 8-1 樓層高度與電壓關係表

三、實驗結果比較與分析

1. 根據實驗二，5 樓(3.2m)最大電壓 0.1V、平均電壓 0.1V。
2. 根據實驗二，4 樓(6.8m)最大電壓 0.3V、平均電壓 0.2V。
3. 根據實驗二，3 樓(10.3m)最大電壓 0.3V、平均電壓 0.3V。
4. 根據實驗二，2 樓(13.8m)最大電壓 0.4V、平均電壓 0.37V。
5. 根據結果發現越低的樓層，水流高度越高，產生的電壓越大。

我們討論和查詢資料後瞭解到可能跟「位能」的高度有關，就好像是水庫的水力發電一樣，高度越高能夠產生水的力量越大，產生發電電壓越大。當樓層越低時，排水口的水流從樓層高往樓層低流下的高度越高，位能就越高。

實驗九：排水管管徑大小與發電電壓的關係

一、實驗設計

因為排水口有大有小，所以我們想要瞭解，在管徑大小不同的排水口，分別能夠產生多少電壓的實驗。

1. 使用 8 葉片角度 90° 來讓發電機轉動。
2. 分別使用 1 吋、1.5 吋、2 吋、2.5 吋和 3 吋的排水管。

二、不同管徑大小與發電效果的關係

我們先選擇了 1 吋、1.5 吋、2 吋、2.5 吋和 3 吋共 5 種的排水管。



由左到右為:3 吋、2.5 吋、2 吋、1.5 吋和 1 吋



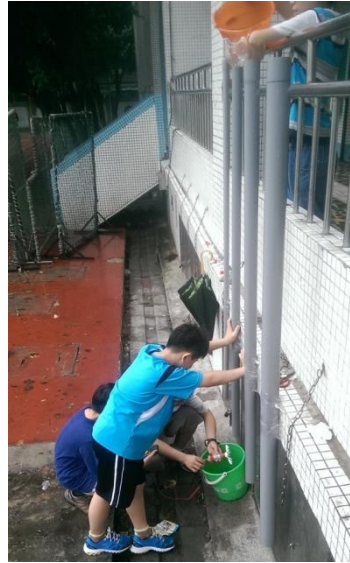
長為 2 公尺

實驗一、排水管的架設與實測

我們利用了 2M 的水管來進行測試，並用水桶將水盡量以等速、等量倒下，並在下方利用水桶接水，以達到水能夠重複利用的節水環保觀念。



排水管架設情形



排水管實測情形

實驗二、實測不同管徑的發電電壓



發電機裝置於排水口



實測不同管徑電壓

水管長：2M，單位：伏特(V)

	管徑 1 吋	管徑 1.5 吋	管徑 2 吋	管徑 2.5 吋	管徑 3 吋
第一次	0.2	0.4	0.4	0.2	0.1
第二次	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2
第三次	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2
第四次	0.3	0.3	0.4	0.2	0.1
第五次	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2
平均	0.24	0.38	0.36	0.22	0.18

表 6-1 管徑大小的發電電壓比較表

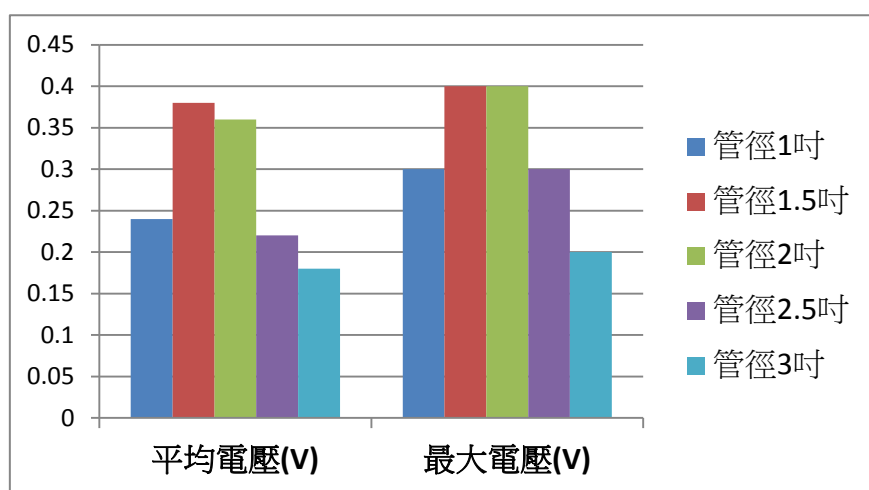


圖 6-1 管徑大小和發電電壓比較圖

三、實驗結果與比較分析

1. 根據實驗二，管徑 1 吋最大電壓 0.3V、平均電壓 0.24V。
2. 根據實驗二，管徑 1.5 吋最大電壓 0.4V、平均電壓 0.38V。
3. 根據實驗二，管徑 2 吋最大電壓 0.4V、平均電壓 0.36V。
4. 根據實驗二，管徑 2.5 吋最大電壓 0.3V、平均電壓 0.22V。
5. 根據實驗二，管徑 3 吋最大電壓 0.2V、平均電壓 0.18V。
6. 根據結果發現管徑 1.5 吋的發電電壓最大。

我們討論之後覺得，太寬的水管可能會讓水散掉而無法集中，所以發電效率會變差；而太細的水管可能因為限制了水流的最大流量，所以發電效率也不是最好的。所以我們選擇效果最好的 1.5 吋管徑進行接下來的實驗。

實驗十、葉片寬度及長度與發電電壓的關係

一、實驗設計

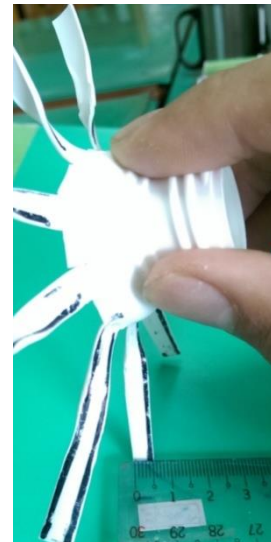
由實驗九的結果，我們知道了 1.5 吋的管徑發電效果最好，接下來我們想要找出哪種葉片能夠有最佳的發電效果，並配合使用 1.5 吋的管徑來進行實驗設計。

1. 使用 8 葉片角度 90° 來進行葉片設計。
2. 分別設計了不同的葉片寬度、不同的葉片長度，找出最佳的發電效能。
3. 使用排水管管徑 1.5 吋。

二、葉片寬度、長度與發電的關係

實驗一、不同葉片寬度與發電電壓的關係

我們利用回收的塑膠瓶製作成 8 葉片角度 90° 後，最寬是 1.5cm，再分別製作出 1cm 和 0.5cm 的寬度，長度固定 5cm 並來比較發電電壓的關係。



寬度 1.5cm

寬度 1cm

寬度 0.5cm

水管管徑 1.5 吋，長 2M，單位：伏特(V)

	寬度 1.5cm	寬度 1cm	寬度 0.5cm
第一次	0.4	0.3	0.2
第二次	0.4	0.2	0.1
第三次	0.3	0.2	0.1
第四次	0.4	0.3	0.1
第五次	0.4	0.3	0.2
平均	0.38	0.26	0.14

表 7-1 葉片寬度與發電電壓比較表

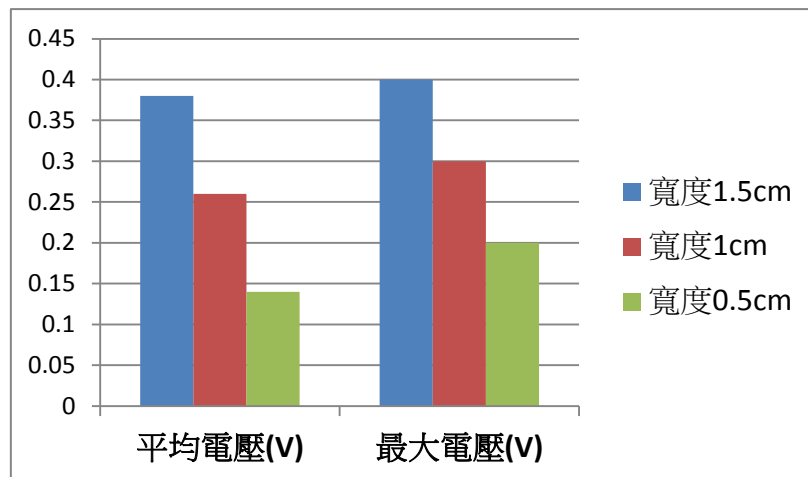
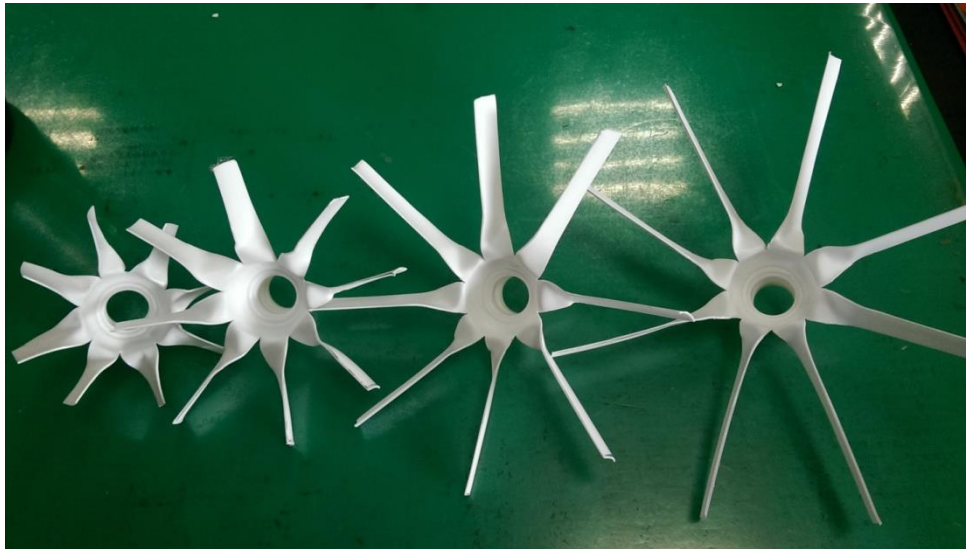


圖 7-1 葉片寬度與發電電壓比較圖

實驗二、不同葉片長短與發電電壓的關係

找出發電電壓最好的葉片寬度之後，接下來我們分別製作出寬度 1.5cm，長度為 3cm、5cm、7cm 和 9cm 的葉片，並實際測試發電效能。



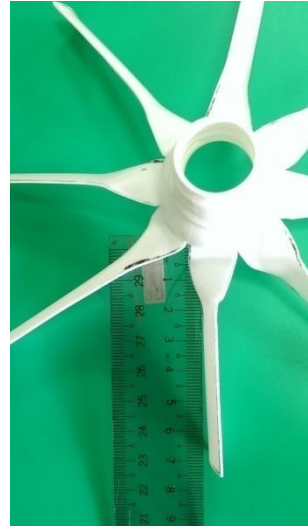
不同長短的水車葉片



葉片長 3cm



葉片長 5cm



葉片長 7cm



葉片長 9cm

水管管徑 1.5 吋，長 2M，葉片寬 1.5cm，單位：伏特(V)

	3cm	5cm	7cm	9cm
第一次	0.8	0.6	0.5	0.3
第二次	0.8	0.6	0.4	0.3
第三次	0.8	0.6	0.5	0.3
第四次	0.9	0.8	0.4	0.3
第五次	0.8	0.6	0.4	0.3
平均	0.82	0.64	0.44	0.3

表 7-2 葉片長度與發電電壓比較表

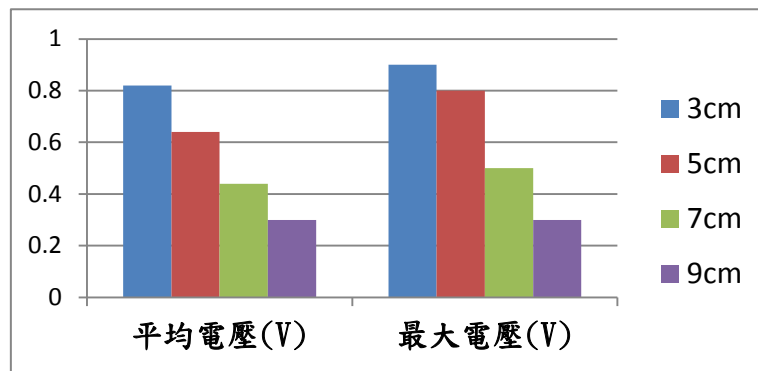


圖 7-2 葉片長度與發電電壓比較圖

三、實驗結果與比較分析

(一)、實驗結果

1. 根據實驗一，葉片寬度 1.5cm 最佳，最大電壓 0.3V、平均電壓 0.24V。

經過討論後，我們覺得越寬的葉片，能夠接觸到水的面積越大；而能夠由前面的實驗知道發電的效果和轉速有關係。所以接觸到水的面積越大，葉片就能夠被水帶動的越快，發電效果越好。

2. 根據實驗二，葉片長 3cm 最大電壓 0.9V、平均電壓 0.82V。

3. 根據實驗二，葉片長 5cm 最大電壓 0.8V、平均電壓 0.64V。

4. 根據實驗二，葉片長 7cm 最大電壓 0.5V、平均電壓 0.44V。

5. 根據實驗二，葉片長 9cm 最大電壓 0.3V、平均電壓 0.3V。

6. 根據結果發現寬度 1.5cm、長 3cm 的發電電壓最大。

觀察實驗二的實驗結果，發現葉片長度越短，發電效果越好。但是這和原本所想的不一樣，我們原本認為應用槓桿的原理，應該葉片越長越省力效果越好，但結果卻不是這樣。

我們經過資料查詢和討論後，發現可能和空氣阻力以及轉動慣量有關。葉片越長所接觸到空氣的面積越大，阻力就越大，並且葉片越長重量會增加，要轉動的所需的能量也會增加，要讓越長的葉片轉動的能量就要越高。所以 3cm 的葉片轉動較快，發電效果達到 0.82V 最好。

(二)、實驗結果討論及分析

1. 我們去詢問了師範大學物理方面的專家老師，知道關於空氣阻力以及轉動慣量的相關公式，也實際試著計算看看，更能夠知道葉片越短、轉動越快、產生電壓越高的原因。

(1) 空氣阻力

由空氣阻力我們可以知道，葉片面積越大，空氣阻力就越大，轉動速度就會越慢，電壓就會越小。(葉片寬 1.5cm)

葉片長度(cm)	3	5	7	9
面積(平方公分)	4.5	7.5	10.5	13.5
平均電壓(V)	0.82	0.64	0.44	0.3

表 7-3 葉片面積和發電電壓關係表

(2) 發電機的轉速

轉速的計算方式，我們由實驗六知道了電鑽轉速和發電電壓的關聯，並詢問師範大學的專家老師計算方式之後，知道了我們所製作發電機的轉速公式。 $(\omega = \text{轉速}, \text{高度 } 2M)$

發電機轉速計算公式： $\omega = 9.22 \times V + 0.092$

葉片長度(cm)	3	5	7	9
平均電壓(V)	0.82	0.64	0.44	0.3
轉速(ω)	7.65	5.99	4.14	2.86

表 7-4 葉片長度、電壓和轉速關係表

2. 轉動慣量公式：
$$I = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2$$
， $mgh = (1/2)I\omega^2$ ， $I = 2mgh/\omega^2$

$(I = \text{轉動慣量}, m = \text{質量}, g = 9.8, h = \text{高度 } 2M, \omega = \text{轉速})$

轉動慣量就是例如溜冰選手在旋轉時，雙手張開轉的速度比較慢，雙手抱緊轉動速度會變比較快。所以我們認為短的葉片會轉動比較快，可能和這原因有關。

葉片長度(cm)	3	5	7	9
轉速(ω)	7.65	5.99	4.14	2.86
質量(g)	4.8	6.5	8.5	10
轉動慣量(I)	3.22	7.10	19.44	47.92

表 7-5 葉片長度和轉動慣量關係表

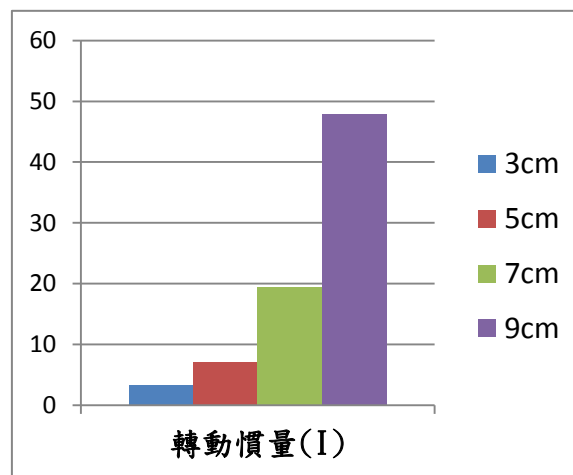


圖 8-1 轉動慣量和葉片長度關係圖

我們使用電子秤秤出了每個葉片的質量，和每個葉片在水管長 2M 的轉速，再帶入轉動慣量的公式裡面，發現到：**葉片長度越短，轉動慣量越小，轉速越快，發電電壓越高**。所以我們找出了最佳發電效能的是**長 3cm、寬 1.5cm**的葉片，這讓我們感到相當開心及振奮！。

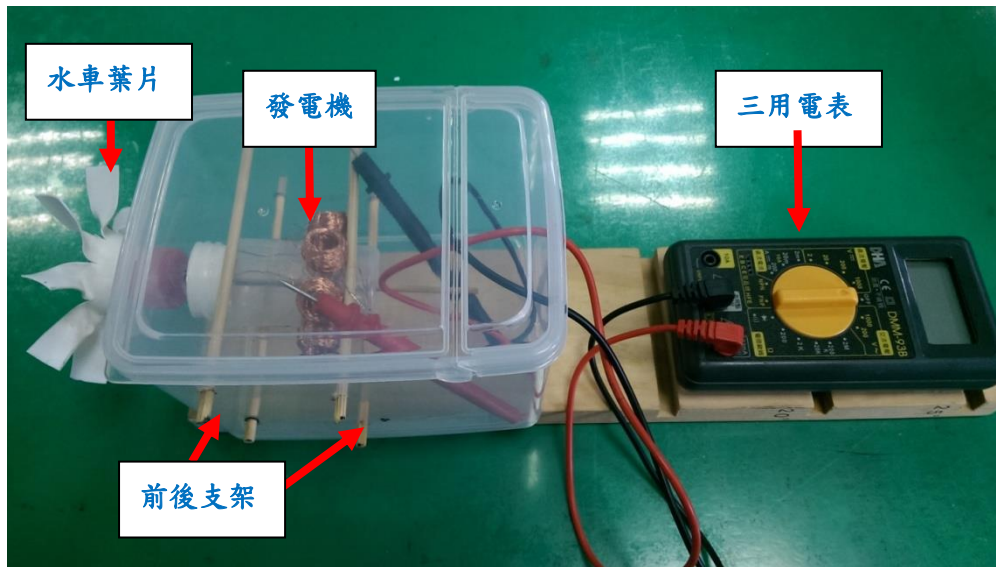
實驗十一、實際裝置在排水口以及樓層高度的影響

一、實驗設計

1. 使用 8 葉片角度 90° ，葉片長 3cm、寬 1.5cm 來進行實驗。
2. 分別使用 2M、4M、8M、12M 和 16M 的水管測量發電效能。
3. 製作出虹吸現象原理的九龍杯，並使用排水管管徑 1.5 吋。

二、不同樓層高度與電壓的關係

實驗一、發電機在排水口的裝置



發電機裝置及防水方式

實驗二、九龍杯蓄水裝置的架設

在四年級的虹吸現象單元中，我們曾經學過關於九龍公道杯的製作，所以想應用在排水口的設計。但是一開始，我們所製作的九龍杯管徑太粗，無法將水吸引上來，經過討論和修正後，在粗水管中放入了 4 根細水管，就成功的出現虹吸現象了！



九龍杯完成圖



16 公升容器和水管



粗水管內放入根細水管

實驗三、不同樓層高度與發電效能的影響

完成九龍杯之後，我們實際利用九龍杯的蓄水裝置來試驗看看不同樓層高度的發電效果。使用了管徑 1.5 吋、4M 長的水管 4 隻，並可以互相連接起來。

水容量 16 公升，水管管徑 1.5 吋，葉片長 3cm、寬 1.5cm，單位：伏特(V)

	4M(2 樓)	8M(3 樓)	12M(4 樓)	16M(5 樓)
第一次	0.2	0.2	0.1	0.2
第二次	0.2	0.2	0.1	0.2
第三次	0.3	0.2	0.2	0.2
第四次	0.2	0.2	0.2	0.3
第五次	0.2	0.2	0.1	0.2
平均	0.22	0.2	0.14	0.22

表 8-1 樓層高度與發電電壓比較表

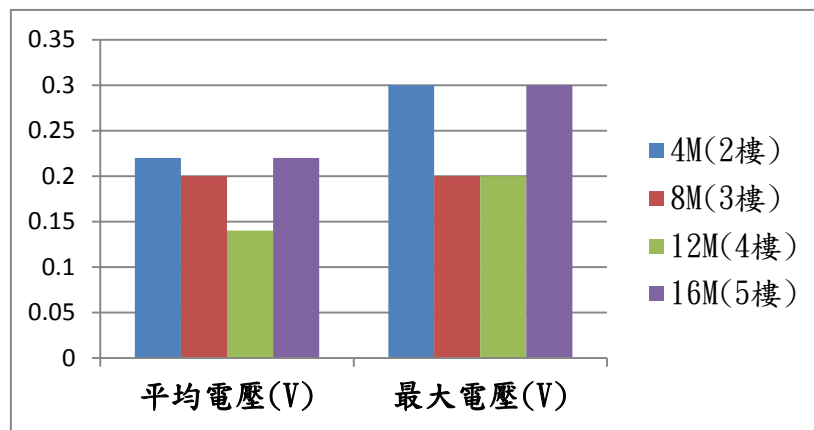


圖 8-1 樓層高度與發電電壓比較圖

三、實驗結果與比較分析

(一)、實驗結果

1. 根據實驗三，16M(5 樓)最大電壓 0.3V、平均電壓 0.22V。
2. 根據實驗三，12M(4 樓)最大電壓 0.2V、平均電壓 0.14V。
3. 根據實驗三，8M(3 樓)最大電壓 0.2V、平均電壓 0.2V。
4. 根據實驗三，4M(2 樓)最大電壓 0.3V、平均電壓 0.22V。

(二)、實驗結果討論及分析

1. 觀察實驗結果後發現，每個樓層的發電電壓跟我們所預期的差很多，應該要樓層越高，位能越高，發電效果越好；但是卻不是如此。所以我們經過查詢資料和討論後，覺得可能是因為：(1)我們所製作的九龍杯的流量不夠，無法產生足夠的能量。

(2)水管太長，水的位能在中途就消耗掉，樓層太高反而沒產生較大的動能。

2. 改進方法：

- (1)改進九龍杯的設計，讓水流量可以多一點。
- (2)改成整根水管充滿水再一次排放掉，可能會產生比較高的效能。

3.位能公式： $mgh=1/2mv^2$ ， $V=\sqrt{2gh}$

根據位能公式，我們先試著計算如果水管內充滿水一次排放，所產生的動能會是多少，未來有機會希望能夠實際測量看看，產生的電壓是不是和我們所預測的相同。

$g=9.8$ ， h =高度， V =速率，水管管徑：1.5 吋

樓層高度	4M(2 樓)	8M(3 樓)	12M(4 樓)	16M(5 樓)
速率(V)	8.85	12.52	15.34	17.71
電壓	1.0	1.3	1.6	1.9

表 8-2 水管內充滿水一次排放的速率、電壓預測表

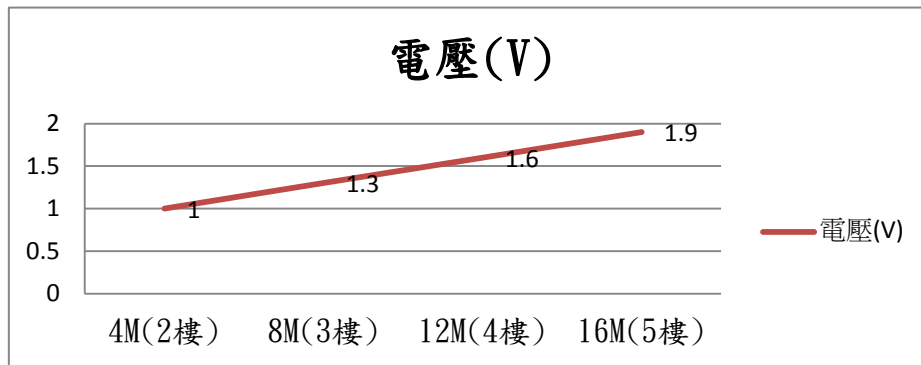


圖 8-2 水管內充滿水一次排放的電壓預測圖

伍、討論

一、討論不同粗細漆包線分別纏繞鐵釘 30 圈，60 圈，90 圈產生磁力的大小

分別取不同粗細漆包線纏繞 90 圈、60 圈及 30 圈，所產生磁力大小是直徑 0.45cm > 0.40cm 及 0.25cm，發現到不論漆包線的粗細，通過相同的電壓時，纏繞線圈越多磁力越大。

二、討論不同粗細取 50cm，100cm 等長度纏繞等長同粗的鐵釘所產生的磁力大小

由實驗得知漆包線相同長度時是越粗產生磁力越強。

三、討論粗細不同的漆包線製作出電磁鐵產生磁力大小

1. 纏繞等距離的線圈時，測得細的漆包線磁力較強，粗的漆包線磁力較弱。
2. 由實驗觀察到粗漆包線的磁力反而較弱，因為細的漆包線纏繞的圈數較多，得知圈數的多寡比漆包線粗細影響大。

四、討論製作電磁鐵的鐵心長度會不會影響磁力大小

由漆包線 80cm、40cm、20cm 纏繞，發現不同圈數、長度都會影響磁力大小，圈數越多鐵心越長吸取的迴紋針越多，圈數越少鐵心越長吸取的迴紋針越少。

五、討論製作電磁鐵時鐵心的粗細會不會影響磁力的大小

我們由實驗發現漆包線 80cm 比 40cm 纏繞不同圈數時，圈數越多、鐵心越粗吸取的迴紋針越多，圈數越少、鐵心越粗吸取迴紋針數越少。

六、討論如何利用強力磁鐵和線圈製作最佳發電機

1. 從實驗的結果我們發現，利用 4 組強力磁鐵 N、S 極交互排列和 8 組線圈的發電效果最好，可達到 2.3V。2 組磁鐵和 2 組線圈、2 組磁鐵和 4 組線圈，效率較差。
2. 因為 8 組線圈可以使磁鐵不斷的通過線圈，產生感應電流來發電；而磁鐵 N、S 極交互排列磁力變化更大，使發電的效果較好。
3. 發電電壓和電鑽轉速的快慢有關，轉速越快、電壓越高，最快轉速(21.3 轉/秒)時的發電電壓最大。

七、討論發電最佳電功率和線圈圈數的關係

1. 實驗中用直徑 0.2mm 的線圈分別纏繞 200×2、400×2、600×2 和 800×2 的組合，發現 600×2 的方式可以達到電壓 0.8V、電流 0.27A，電功率 0.216 最佳。
2. 線圈圈數的電壓、電流和電功率比較表

線圈圈數	200×2 圈	400×2 圈	600×2 圈	800×2 圈	600×8 圈
伏特 V	0.2	0.3	0.8	0.4	2.3
安培 A	0.10	0.16	0.27	0.21	0.65
電功率 W	0.01	0.048	0.216	0.084	1.495

3. 選擇 600 圈線圈數，再將線圈纏繞成 600×8 環繞瓶子一周，發現最大電壓可達到 2.3V，電壓、電流和電功率明顯上升。
4. 使用不同的轉速測量發電機的電功率，發現轉速 1 到轉速 3 電壓都有上升，而轉速 2→轉速 3，比轉速 1→轉速 2 的時候，電壓明顯上升較多。

[轉速 1(7.1 轉/秒)，轉速 2(14.2 轉/秒)，轉速 3(21.3 轉/秒)]

八、討論不同樓層排水口水流發電的效果

1. 我們利用回收的瓶子將水車葉片的角度製作 90°、葉片為 8 葉片，製作成發電效果最好的水車發電機。
2. 觀察實驗結果，我們發現越低的樓層產生的電壓越大，跟「位能」高度有關，當樓層越低時，排水口從上而下的水流高度就越高，位能就越高。

九、討論不同排水管管徑大小與發電電壓的關係

1. 分別使用 1 吋、1.5 吋、2 吋、2.5 吋和 3 吋的排水管。
2. 觀察實驗結果，發現管徑 1.5 吋時，最大電壓 0.4V、平均電壓 0.38V 為最佳。
3. 我們討論覺得太寬的水管可能會讓水散掉而無法集中；而太細的水管可能因為限制了水流的最大流量。

十、討論葉片寬度及長度與發電電壓的關係

1. 製作寬度分別為 1.5cm、1cm、0.5cm 的葉片。寬度 1.5cm 最佳，最大電壓 0.3V、平均電壓 0.24V。
2. 製作長度分別為 3cm、5cm、7cm 和 9cm 的葉片。葉片長 3cm 最佳，最大電壓 0.9V、平均電壓 0.82V。
3. 計算葉片長度的轉動慣量和發電電壓的關係。

葉片長度(cm)	3	5	7	9
轉速(ω)	7.65	5.99	4.14	2.86
質量(g)	4.8	6.5	8.5	10
轉動慣量(I)	3.22	7.10	19.44	47.92

4. 觀察結果我們發現：葉片長度越短，轉動慣量越小，轉速越快，發電電壓越高。

十一、實際裝置在排水口以及樓層高度的影響

1. 製作九龍杯裝置以及實測 16M(5 樓)、12M(4 樓)、8M(3 樓)、4M(2 樓)的電壓。
2. 觀察實驗結果後發現發電效果不好，可能是因為：
 - (1)我們所製作的九龍杯的流量不夠，無法產生足夠的能量。
 - (2)水管太長，水的位能在中途就消耗掉，樓層太高反而沒產生較大的動能。
3. 改進方法：
 - (1)改進九龍杯的設計，讓水流量可以多一點。
 - (2)未來計畫改成整根水管充滿水再一次排放掉，可能會產生比較高的效能。

樓層高度	4M(2 樓)	8M(3 樓)	12M(4 樓)	16M(5 樓)
速率(V)	8.85	12.52	15.34	17.71
電壓	1.0	1.3	1.6	1.9

十二、實驗未來展望

1. 我們正在研究和討論，將排水口產生的電力儲存的方式，讓白天不需要用電時，能夠有效的儲存，而晚上需要用電時能夠供應環保的用電。
2. 未來計畫實際測量一天中排水口能夠儲存多少電力，以實際應用在生活中。

陸、結論

- 一、 磁力大小是直徑 0.45cm > 0.40cm 及 0.25cm，不論漆包線的粗細，通過相同的電壓時，纏繞線圈越多磁力越大。
- 二、 漆包線相同長度時，是越粗產生磁力越強，電壓越強磁力越強。
- 三、 1. 纏繞等長的線圈時，測得細的漆包線磁力較強，粗的漆包線磁力較弱。
2. 由實驗觀察到粗漆包線的磁力反而較弱，因為細的漆包線纏繞的圈數較多得知圈數的多寡比漆包線粗細影響磁力比較大。
- 四、 圈數越多鐵心越長吸取的迴紋針越多，圈數越少鐵心越長吸取的迴紋針越少。
- 五、 圈數越多、鐵心越粗時吸取的迴紋針越多，圈數越少、鐵心越粗時吸取迴紋針數越少。
- 六、 利用 4 組強力磁鐵和 8 組 600 圈線圈的發電效果最好，因為能夠使磁鐵不斷的通過線圈，產生感應電流使發電機發電，電壓可以達到 2.3V；而磁鐵 N、S 極交互排列磁力變化大，達到發電的效果最好。

七、線圈圈數和最佳電功率的關係

1. 纏繞 600×2 的方式可以達到電壓 0.8V、電流 0.27A，電功率 0.216 最佳。
2. 線圈纏繞成 600×8 環繞瓶子一周，最大電壓可達到 2.3V，並且轉速越快時，產生的電壓、電流及電功率越大。

八、不同樓層排水口水流發電的效果

當樓層越低時，排水口從上而下的水流高度就越高，位能就越高。

九、不同排水管管徑大小與發電電壓的關係

太寬的水管可能會讓水散掉而無法集中；而太細的水管可能因為限制了水流的最大流量，而管徑 1.5 吋最佳。

十、葉片寬度及長度與發電電壓的關係

1. 長 3cm、寬 1.5cm 的發電效能最佳。
2. 葉片長度越短，轉動慣量越小，轉速越快，所以發電電壓就會越高。

十一、實際裝置在排水口以及樓層高度的影響

1. 實驗結果後發現發電效果不好，可能是因為：
 - (1) 我們所製作的九龍杯的流量不夠，無法產生足夠的能量。
 - (2) 水管太長，水的位能中途就消耗掉，樓層太高反而沒產生較大動能。
2. 未來實際改進九龍杯設計和實測水管內充滿水，所產生的電壓多寡。

十二、實驗未來展望

1. 我們正在研究和討論，將排水口產生的電力儲存的方式，讓白天不需要用電時，能夠有效的儲存，而晚上需要用電時能夠供應環保的用電。
2. 未來計畫實際測量一天中排水口能夠儲存多少電力，以實際應用在生活中。

柒、參考資料及其他

1. 自然與生活科技，六上第四單元電磁作用（2014）。翰林出版社。
2. 風間林平(2013)。科學遊戲大發現。臺灣東販股份有限公司。
3. 鈦鐵硼強力磁鐵。2014年10月8日，取自
<http://class.ruten.com.tw/user/index00.php?s=chungyen123>
4. 法拉第定律。2014年11月23日，取自
http://sciedu.cc.nctu.edu.tw/practice/threehair/page_3.htm
5. 冷次定律。2014年12月21日，取自
http://sciedu.cc.nctu.edu.tw/practice/threehair/page_2.htm

【評語】 080117

能夠將平常排水的微弱力量拿來發電，想法獨特，且實驗設計變因有控制準確，值得嘉許。