

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080113

磁入電出 - 手擺發電應用在緊急充電效能之探討

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

作者： 小五 羅以安 小五 張鈺右 小五 許書寧	指導老師： 楊建明
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：手擺發電、緊急充電、電磁感應

摘要

本實驗主要透過手擺發電裝置探討影響發電效能因素並應用在**跑步擺動警示及緊急充電**，達到**綠能發電、安全防護、緊急求救**等功能。

研究中，我們根據線圈、磁鐵、擺動速度等變因進行影響手擺發電的探討，並以三用電表及自製裝置：纏繞裝置、磁力檢測裝置進行檢測。根據實驗，我們發現，線圈纏繞匝數較多，發電功率提升；線徑越細電阻越高；線圈寬度越窄、線圈截面積越大、磁場強度越強、擺動速度越快皆會增加發電功率。我們依據影響發電因素，配合使用條件：體積、長度、重量、擺動方式，製作出跑步擺動發光警示裝置提供夜跑者安全保護，最後經過效能提升及整流穩壓後，成功製作出手機緊急充電裝置。

壹、研究動機

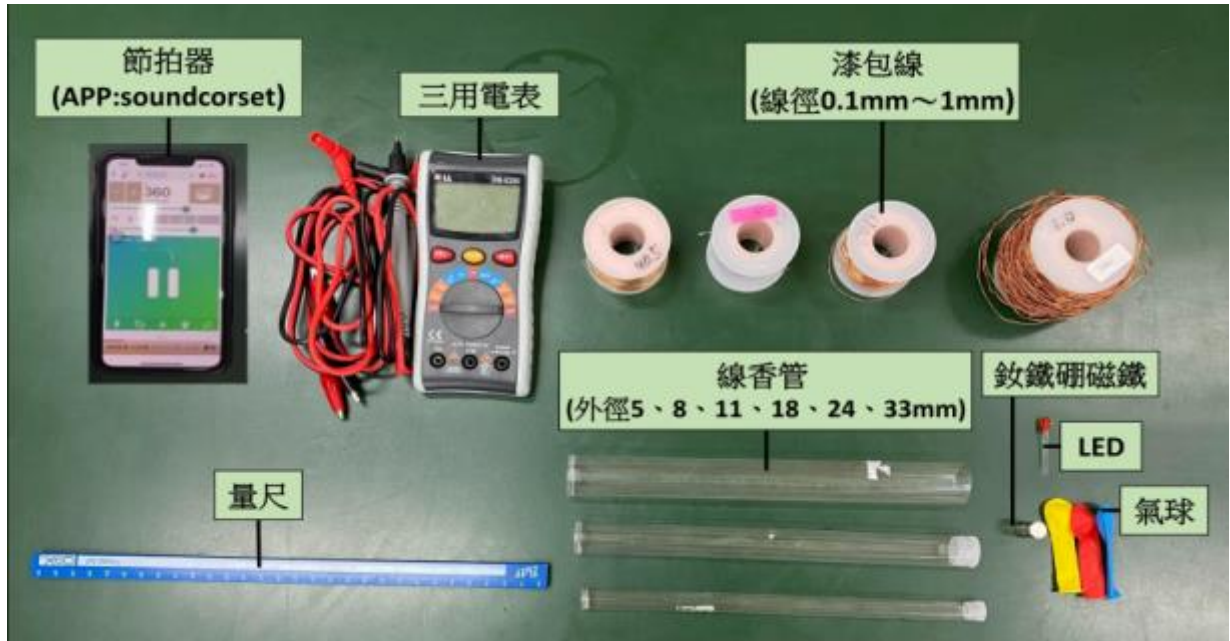
有次在電視上看到山友在森林裡迷路，但手機沒電無法求援的新聞，我們想，如果能有一個隨身攜帶的緊急充電裝置，遇到危急的時候就可以充電發出訊號求救！而生活中健走或跑步時會擺動手臂，如果擺動時會產生動力，是否能將這些動力轉換成電力？於是我們根據自然課「電與磁的奇妙世界」單元課程中提到的「電生磁，磁也能生電」的概念，透過擺動磁鐵經過線圈產生感應電流方式作為緊急充電的方向，但要如何製作？影響手搖擺動發電的因素有哪些？纏繞線圈數、線徑等條件要如何設定？線徑越細越好嗎？要如何提升發電量才能達到充電效果？

貳、研究目的

- 一、探討感應線圈中匝數、線徑、寬度對電壓、電流、電功率大小的差異性。
- 二、探討磁鐵數量、磁鐵與線圈的距離、擺動速度對電壓、電流、電功率大小的差異性。
- 三、透過改變磁場強度、線圈截面積等提升手擺發電效能並嘗試運用在跑步發電上。
- 四、透過手擺發電運用緊急充電發電裝置上最合適的條件及使用方法。

參、研究設備與器材

一、實驗器材：



二、自製裝置製作器材：

<p>磁力檢測裝置</p>			<p>①書桌 ②紗門滑輪 ③棉線 ④保鮮盒 ⑤砝碼 ⑥束線帶及磁鐵</p>
<p>電動纏繞裝置</p>			<p>①底盤 ②減速馬達 ③可變電阻</p>
<p>跑步警示裝置 (詳見 p.17)</p>		<p>緊急充電裝置 (詳見 p.18)</p>	

肆、研究過程與方法

一、研究流程

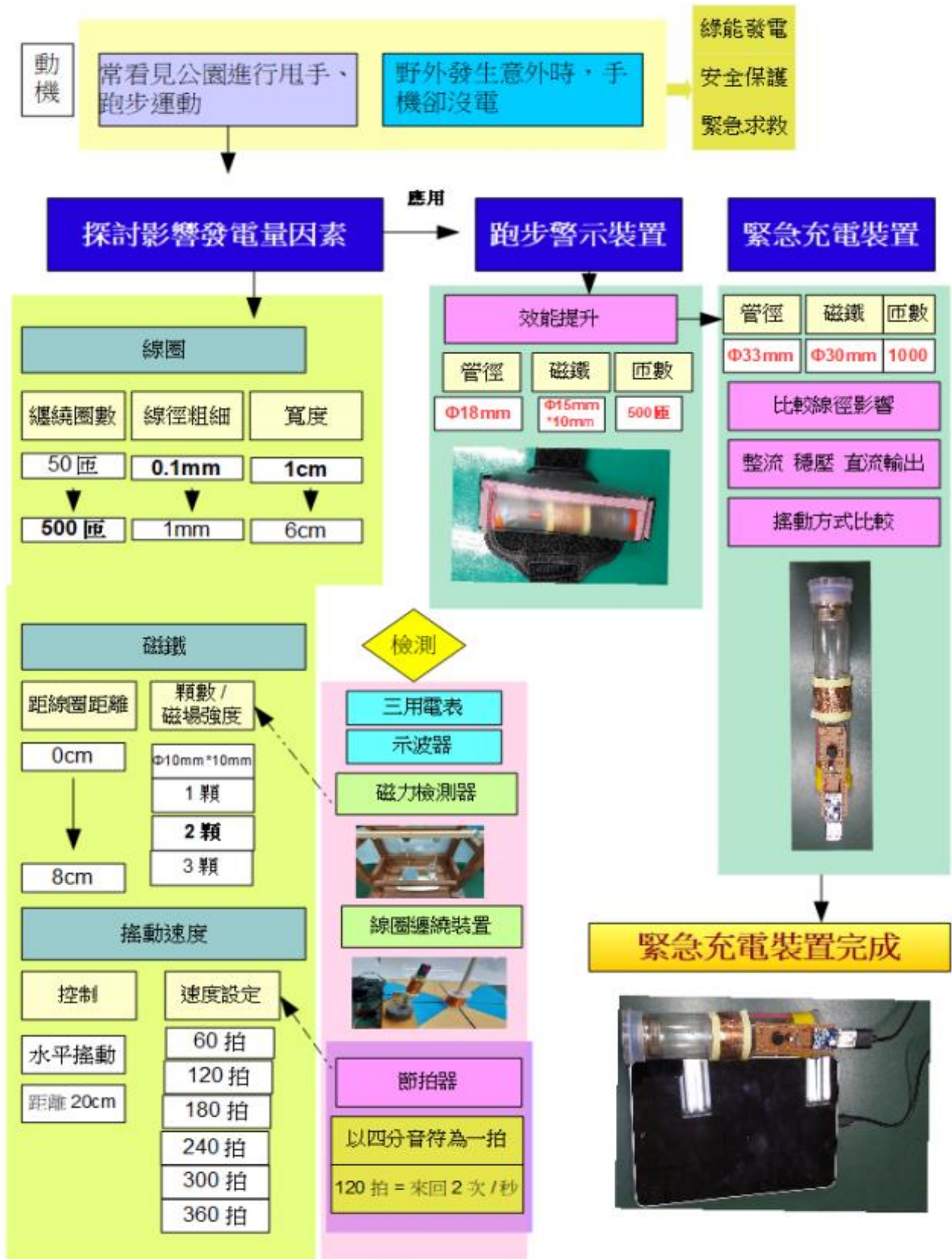


圖1 研究流程圖

二、文獻參考

研究背景

人體運動可以產生大量能量，利用人體動力產生電能方式雖不在少數，但多數皆在開發階段(中文百科知識)。我們的研究想著重在手部擺動上並希望能達到有充電效果並應用在緊急充電上。生活中利用人體運動的發電裝置最常看見的有腳踏車及跑步機發電，但利用腳踏車及跑步機發電用途多侷限需較大的機具，攜帶便利性較低。此外，我們在網路商城可找到一款透過轉動齒輪發電的手電筒，但我們不確定其充電效果，如果透過手擺動方式是否能產生電量？這樣的電量是否足以讓手機充電？

關於緊急充電產品，攜帶備用電池或行動電源當然是一個解決辦法，但電池放著不使用也會耗損電量。此外，網路商城有販售太陽能行動板，但充電時間需 8-12 小時，對於緊急充電來說似乎太慢。

如何利用手擺動的方式產生電量？我們發現有一種手擺發電教具，主要是利用吸管纏繞線圈後置入強力磁鐵，接著擺動吸管讓磁鐵穿梭線圈中使 LED 燈發亮。經過資料查詢，了解這種科學玩具主要是利用電磁感應原理，知道磁鐵在線圈來回穿梭會改變磁場進而產生感應電流，發電方法相關原理如下：

1. 電磁感應原理：法拉第發現，如果原先沒有電流的封閉線圈，若線圈內的磁場有變化，原本無電流的線圈會因而產生感應電流，此種因磁場變化而產生電流的現象稱為「電磁感應」。
2. 法拉第定律
一個線圈上之所以會出現感應電動勢，乃因通過線圈的磁通量隨時間改變之故。磁通量的時變率越大，感應電動勢也越大。
3. 冷次定律
當線圈上生成感應電流時會生成新的磁場，此時新的磁場恆與原磁場變化的方向相抗衡。我們可以藉此判斷感應電流的方向。

總和以上，我們想藉由手部擺動方式，探討電磁感應發電原理，實證線圈、磁鐵等相關影響因素，並透過實驗找到適當的發電、充電效能並實際應用在生活上。

影響手擺發電因素探討歷程

我們想要透過實驗了解有哪些因素會影響到發電量？

我們的發電裝置主要結構有：套管、磁鐵和線圈(圖 2) ，

實驗前，我們要先確認以下因素：

1. 改進纏繞方法：如何快速纏繞線圈？為了省時且緊密纏繞線圈，我們將減速馬達安裝在木板上，透過可變電阻調節速度，達到纏繞效果。

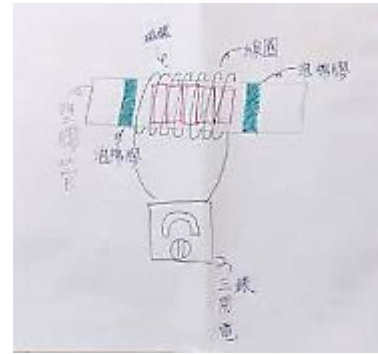


圖2 手擺發電裝置設計圖

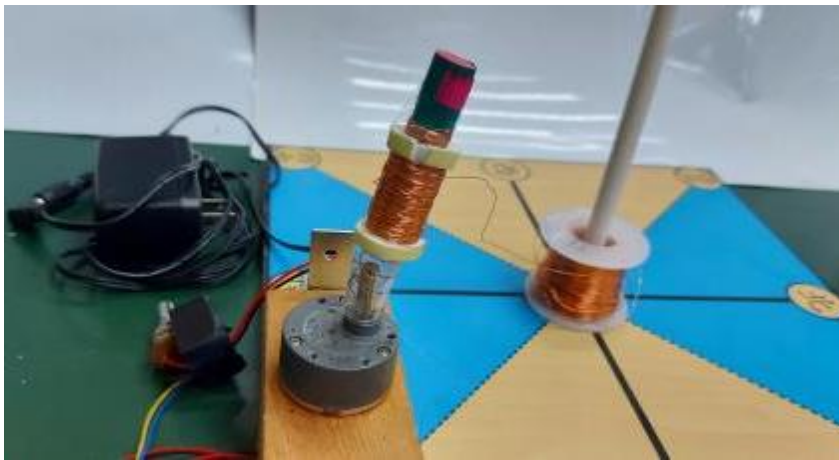


圖3 纏繞裝置設備



圖4 依序纏繞在管子上

2. 擺動方式：為了讓每次擺動方式一致，我們模擬手臂以水平搖擺方式進行，並設定距離 20 公分。

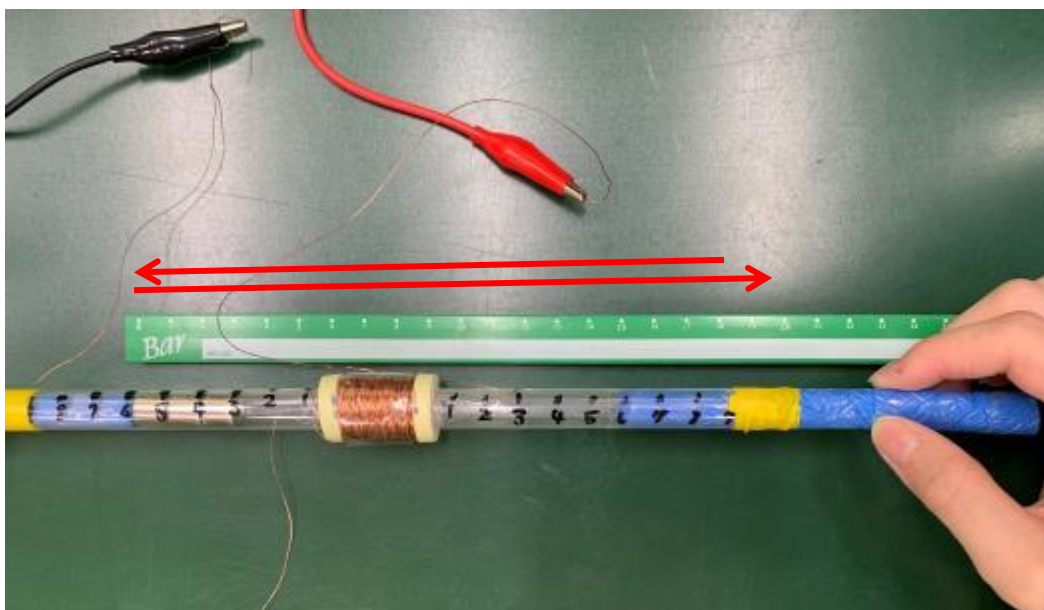


圖5 以水平方式擺動，擺動距離 20 公分

3. 發電量數據讀取方法：讀取電壓電流數值時，發現隨著吸管擺動，數值並不會完全一樣，在記錄上感到困擾，因此後來決定以攝影方式，間隔 1 秒讀取一次，連續記錄 10 次數據。



圖6 以攝影方式連續讀取十秒數據

探究 1-1：探討線圈匝數對手擺發電量的影響

實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	匝數	50、100、150、 200、250、300、 350、400、450、500 匝	參考網路資訊。
	管徑	吸管 外徑 11mm	生活常見，體積較小，價格低廉。
	線徑	0.3mm	一開始能找到最細的尺寸。
	線寬	2 公分	1 公分擔心會太厚，太寬則總長度需要加長，造成體積太大。
控制變因	磁鐵大小	10mm*10mm	以最大放得進套管且能順利滑動為依據
	一端磁鐵移動最近線圈的距離	2 公分	考量距離太遠，套管長度會太長。
	擺動速度	每秒來回二次	根據觀察經驗初步評估跑步時手部的擺動最低速度。

實驗步驟：

1. 準備外徑 11mm 吸管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度。
3. 以線徑 0.3mm，分別纏繞線圈 50~500 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 裝入 1 顆 10mm*10mm 釹鐵硼磁鐵。以氣球封住兩端，避免磁鐵脫落。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回擺動 2 次的速度，量測電壓、電流值。

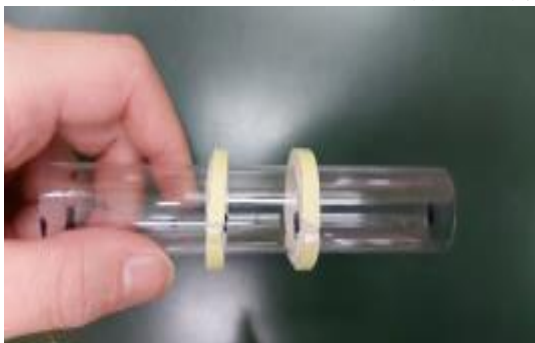


圖7 確認線圈寬度，纏繞漆包線



圖8 完成十種線圈匝數



圖9 準備量測工具



圖10 開始量測

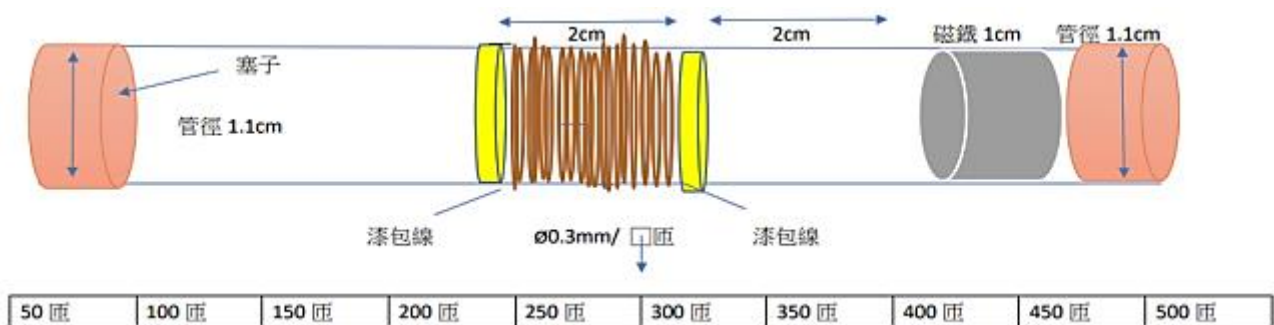


圖11 比較纏繞線圈匝數示意圖

探究 1-2：探討線徑對手擺發電量的影響

實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	線徑	0.1mm ~1mm	選用 10 種線徑，線徑差距 0.1mm，超過 1mm 會過粗，不易在吸管上纏繞。
	管徑	吸管 外徑 11mm	生活常見，體積較小，價格低廉。
	匝數	100 匝	線徑 1mm 纏繞 100 匝後體積會過於龐大，因此選用 100 匝。
	線寬	2 公分	1 公分擔心會太厚，太寬則總長度需要加長，造成體積太大。
控制變因	磁鐵大小	10mm*10mm	以最大放得進套管且能順利滑動為依據
	一端磁鐵移動最近線圈的距離	2 公分	考量距離太遠，套管長度會太長。
	擺動速度	每秒來回二次	根據觀察初步評估跑步時手部的擺動最低速度。

實驗步驟：

1. 準備外徑 11mm 吸管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度。
3. 以線徑 0.1mm~1mm 分別纏繞線圈 100 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 裝入 1 顆 10mm*10mm 釹鐵硼磁鐵。以氣球封住兩端，避免磁鐵脫落。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回搖擺 2 次(40cm/sec)的速度，量測電壓、電流值。

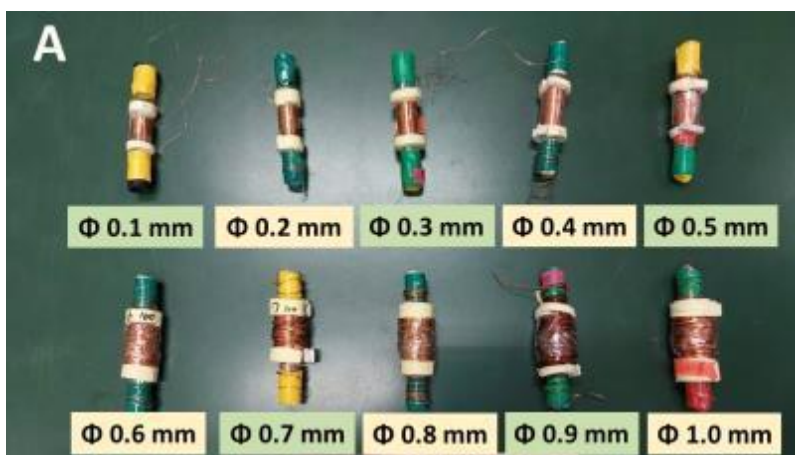


圖12 線徑 0.1~1mm

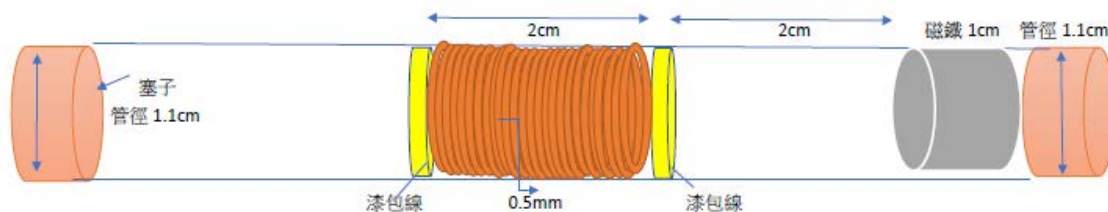


圖13 漆包線線徑比較示意圖

探究 1-3：探討線圈寬度對手擺發電量的影響

實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	線圈寬度	1~6 公分(間隔 1 公分)	以 1 公分等距加寬，加寬同時連帶厚度也會受到影響
	管徑	吸管 外徑 11mm	生活常見，體積較小，價格低廉。
	匝數	500 匝	根據探究一，纏繞 500 匝發電量較大。
	線徑	0.3mm	根據探究一，配合線圈 500 匝發電量較大。
控制變因	磁鐵大小	10mm*10mm	以最大放得進套管且能順利滑動為依據
	一端磁鐵移動最近線圈的距離	2 公分	考量距離太遠，套管長度會太長。
	擺動速度	每秒來回二次 (40cm/sec)	根據觀察經驗初步評估跑步時手部的擺動最低速度。

實驗步驟：

1. 準備外徑 11mm 吸管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度分別為 1~6cm。
3. 以線徑 0.3mm 分別纏繞線圈 500 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 裝入 1 顆 10mm*10mm 釹鐵硼磁鐵。以氣球封住兩端，避免磁鐵脫落。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回擺動 2 次的速度，量測電壓、電流值。

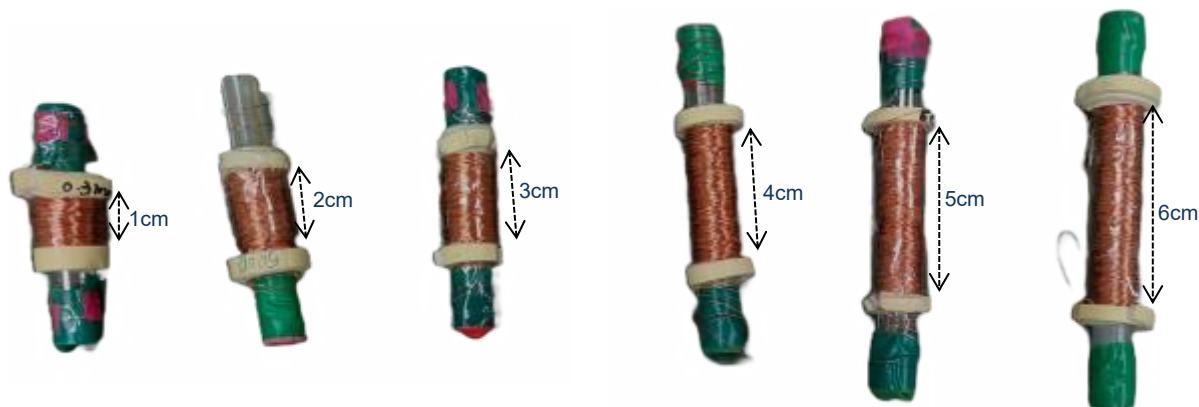


圖14 線圈寬 1-6cm

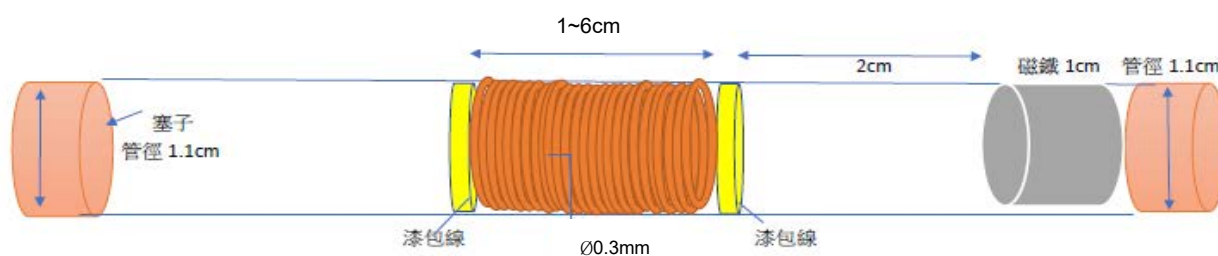


圖15 線圈纏繞寬度比較示意圖

探究 2-1：探討一端磁鐵移動最近線圈的距離對手擺發電量的影響

實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	一端磁鐵移動最近線圈的距離	0、2、4、6、8 公分	以 2 公分等距加長
	管徑	線香管外徑 11mm	與吸管同材質內徑厚度相同但較長。
	匝數	500 匝	根據探究一，纏繞 500 匝發電量較大。
控制變因	線徑	0.3mm	纏繞後體積較小，根據探究一，配合線圈 500 匝發電量較大。
	線圈寬度	2cm	根據探究三，2 公分發電效果佳。
	磁鐵大小	10mm*10mm	以最大放得進套管且能順利滑動為依據
	擺動速度	每秒來回二次	根據觀察初步評估跑步時手部擺動最低速度。

實驗步驟：

1. 準備外徑 11mm 吸管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度分別為 2cm。
3. 以線徑 0.3mm 分別纏繞線圈 500 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 裝入 1 顆 10mm*10mm 釹鐵硼磁鐵。調整磁鐵移動最近線圈的距離。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回擺動 2 次的速度，量測電壓、電流值。



圖16 線圈寬 2cm，以泡棉調整距離

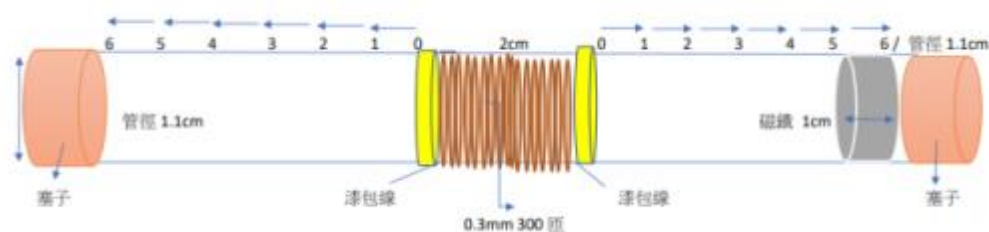


圖17 磁鐵至線圈距離比較示意圖

探究 2-2：探討磁鐵數量對手擺發電量的影響

自製磁力檢測裝置

設計想法---

高斯計是測量磁感應強度的儀器，但一台要價上千元，我們覺得太貴了。此外，有些包裝上雖有顯示單顆磁場強度，但未能註明多顆連接後磁場強度的變化，因此我們想自製磁力檢測裝置來檢測不同連接顆數的磁力差異性。但吸力會受表面高斯值、磁力作用面積、被吸附物品的導磁率、



圖18 高斯計



圖19 包裝呈現單顆磁場強度

間隔的距離(磁之超市)影響，不一定等於磁力，但如果將吸附物品及間隔距離控制一致，即可間接推論不同顆數對表面高斯值及磁力作用面積的相對關係。因此我們認為可以利用磁鐵吸力來找到不同連接顆數的磁場強度相對關係。

表1 磁鐵包裝顯示的磁場強度

直徑*厚度	磁場強度(高斯)	體積	磁場強度(高斯)
10mm*5mm	2980-3200	10mm*10mm	4500
12mm*5mm	2950-3150	12mm*10mm	4200
15mm*5mm	2800-3000	15mm*10mm	4100
20mm*5mm	2200-2700	20mm*10mm	4000
30 mm*5mm	無包裝	30 mm*10mm	無包裝

裝置設計

第一代

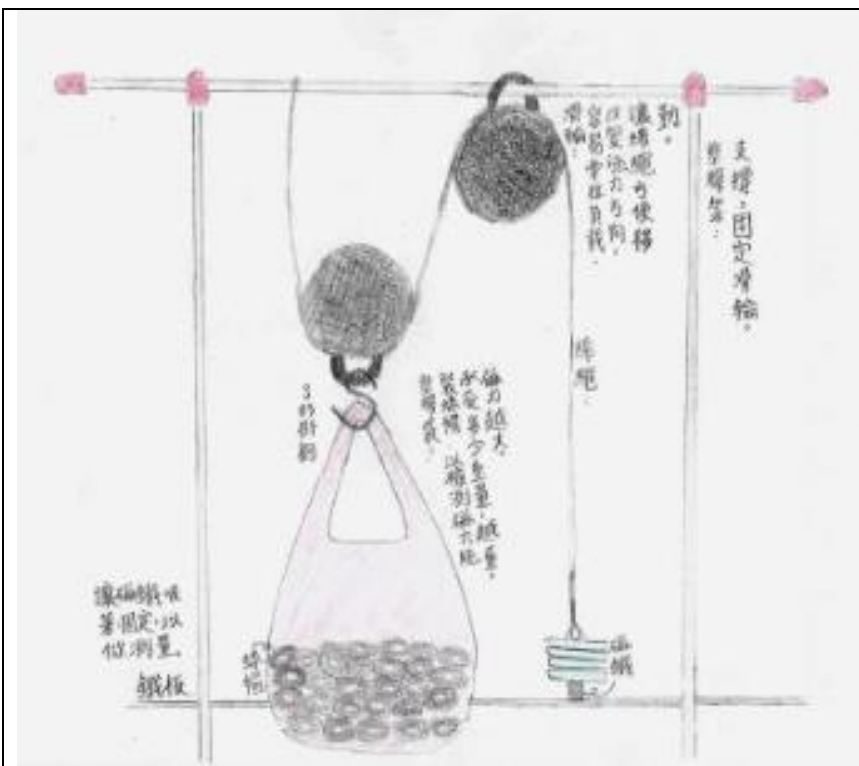


圖20 第一代檢測裝置設計圖



圖21 第一代檢測裝置

缺點:

1. 以鐵櫃拉門作為吸附材，使吸力增加，需懸掛較多重物，相對增加檢測時間，也易使支架彎曲。
2. 鐵門過大，使掛繩無法垂直量測。
3. 滑輪兩端過於接近，懸掛重物以與磁鐵拉繩互相接觸。
4. 磁鐵被拉起瞬間易彈飛、碎裂，重物也會突然掉落，有點危險。

第二代

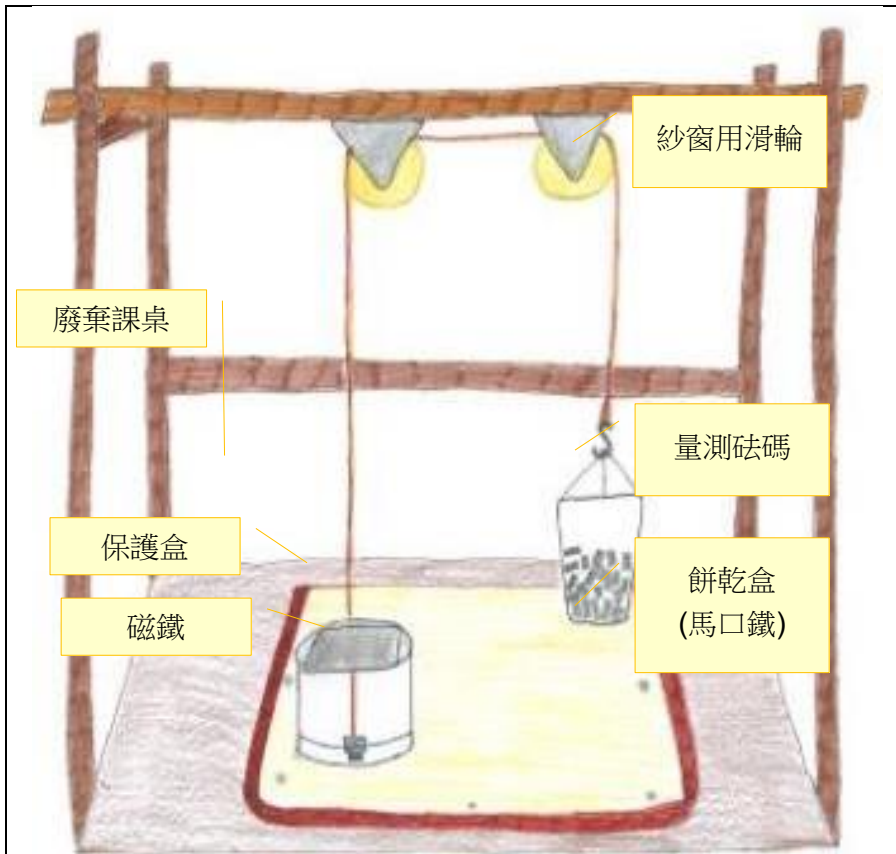


圖22 裝置示意圖



圖23 檢測裝置實景

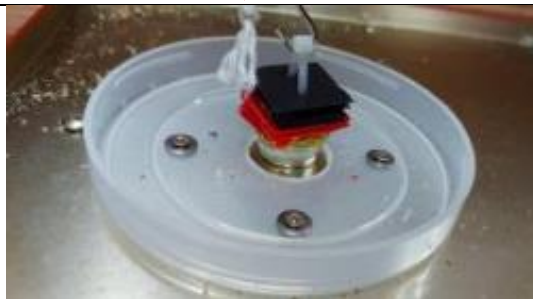


圖24 磁鐵拉環方便換取



圖25 保護盒上蓋內置入泡棉減少衝擊

特色：

1. 使用馬口鐵使吸附力降低，減少重力衝擊。
2. 使用廢棄課桌增加堅固性
3. 免洗杯裝盛砝碼較容易
4. 保護盒可阻擋磁鐵彈飛、碎裂，也可避免重物直接墜落。

操作方法:

1. 將檢驗磁鐵吸附底蓋中心，蓋上保護蓋。
2. 將砝碼置入杯中，直到磁鐵被拉起。
3. 計算杯中砝碼重量。

實驗結果

表2 使用磁鐵磁吸力實測結果

尺寸 (表面直徑*高)	顆數	磁吸力(g)	尺寸 (表面直徑*高)	顆數	磁吸力(g)	尺寸 (表面直徑*高)	顆數	磁吸力(g)
4mm*10mm	1	271.8	6mm*10mm	1	399	10mm*10mm	1	448.5
	2	276		2	428		2	527.5
	3	290		3	429		3	676
15mm*10mm	1	645	20mm*10mm	1	884.5	30mm*10mm	1	1172.5
	2	841		2	1075		2	1683

*磁吸力=瞬間掉落最大拉力(砝碼重) - 杯重-檢測磁鐵重

探討磁鐵顆數對手擺發電量的影響實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	磁鐵顆數(磁力強弱)	1、2、3 顆	改變磁鐵顆數也就是改變磁力強弱，超過三顆成本及管長將增加。
	管徑	吸管 外徑 11mm	生活常見，體積較小，價格低廉。
	匝數	500 匝	根據探究一，纏繞 500 匝發電量較大。
	線徑	0.3mm	纏繞後體積較小，根據探究一，配合線圈 500 匝發電量較大。
控制變因	線寬	2 公分	根據探究三，2 公分發電效果佳。
	磁鐵大小	10mm*10mm	以最大放得進套管且能順利滑動為依據
	一端磁鐵移動最近線圈的距離	2 公分	考量距離太遠，套管長度會太長。
	擺動速度	每秒來回二次	根據觀察經驗初步評估跑步時手部的擺動最低速度。

實驗步驟：

1. 準備外徑 11mm 吸管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度分別為 2cm。
3. 以線徑 0.3mm 分別纏繞線圈 500 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 分別裝入 1、2、3 顆 10mm*10mm 釹鐵硼磁鐵。磁鐵前端與線圈保持 2 公分。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回擺動 2 次的速度，量測電壓、電流值。

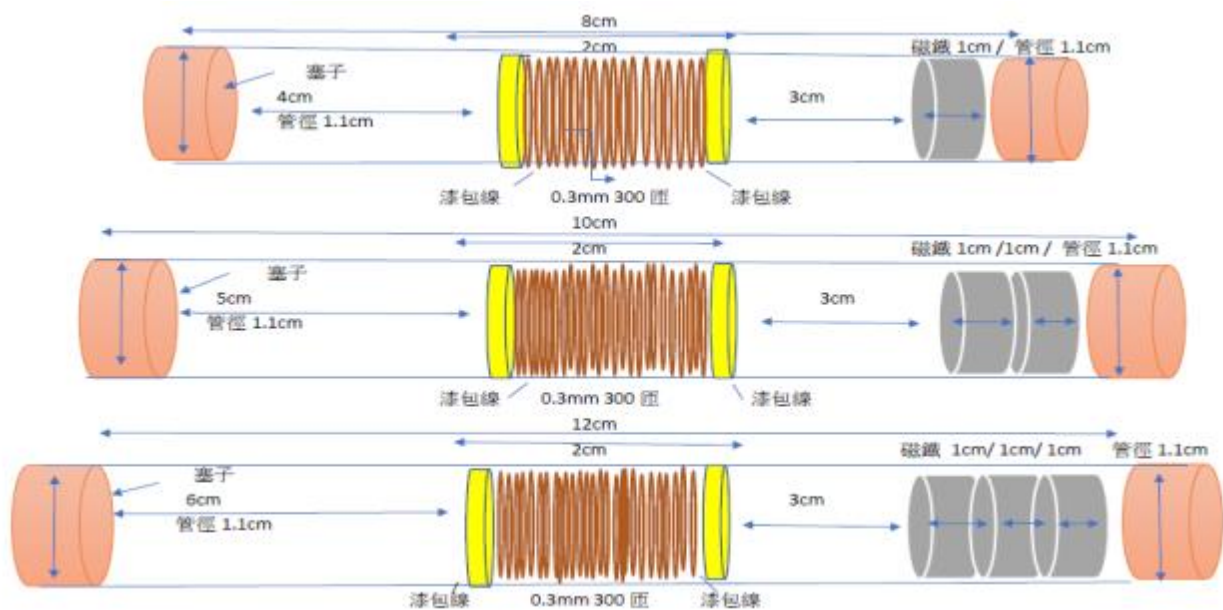


圖26 比較磁鐵顆數示意圖

探究 2-3：探討擺動速度對發電量的影響

實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	擺動速度	40cm/sec (60 拍)、 80cm/sec (120 拍)、 120cm/sec (180 拍)、 160cm/sec (240 拍)、 200cm/sec(300 拍)、 240 cm/sec (360 拍)	透過觀察，運動時擺動手部輕甩一次大約為每秒來回一次，快跑每秒大約來回六次，依此範圍以節拍器設定擺動速度。
	管徑	吸管 外徑 11mm	生活常見，體積較小，價格低廉。
	匝數	500 匝	根據探究一，纏繞 500 匝發電量較大。
	線徑	0.3mm	纏繞後體積較小，根據探究一，配合線圈 500 匝發電量較大。
	線圈寬度	2 公分	根據探究三，2 公分發電效果佳。
控制變因	磁鐵大小	10mm*10mm	以最大放得進套管且能順利滑動為依據
	一端磁鐵移動最近線圈的距離	2 公分	考量距離太遠，套管長度會太長。

實驗步驟：

1. 準備外徑 11mm 吸管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度分別為 2cm。
3. 以線徑 0.3mm 分別纏繞線圈 500 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 裝入 1 顆 10mm*10mm 釹鐵硼磁鐵。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回擺動 1、2、3、4、5、6 次的速度，量測電壓、電流值。

探究 3：探討手擺發電運用在跑步發電的可行性

我們的想法：跑步或健走時多會使用手臂擺動，如果運動時能與自製手擺發電裝置結合發電，提供新的綠能發電可能性，不但可使 LED 發亮，讓夜晚運動時作為警示用途，甚至也可以做為運動速度的參考，燈越亮表示揮動速度越快。

一開始設定的跑步發電效能目標是：至少能讓 LED(工作電壓 1.5~3V)閃爍。但從探究 1-1~2-3 雖然知道了，[效能提升條件：匝數多、線圈細、磁力強、磁鐵離線圈需有足夠距離、擺動速度快、線圈寬度需適當](#)，但檢測出來的電壓多未超 1V，因此我們試著藉由增加纏繞圈數和磁鐵磁力來提升發電效能。

探討 3-1：探討線圈截面積及磁場強度對提升跑步擺動發電量的效用

改變管徑使纏繞線圈截面積增加並且增加磁鐵直徑使磁場強度增加是否會提升發電效能？

實驗相關控制變因

變因種類	變因內容	變因選定標準	選擇依據
操縱變因	管徑大小/截面積	外徑 5mm/19.63 mm ² 、 外徑 8mm/50.27 mm ² 、 外徑 11mm/95.03mm ² 、 外徑 18mm/254.47mm ² 、 外徑 24mm/415.48mm ² 外徑 33mm/855.3 mm ²	選擇市面上由小至大的六種尺寸，並要能與磁鐵大小互相配合。
	磁鐵表面直徑*厚度*顆數	4mm*10mm*2 顆 6mm*10mm*2 顆 10mm*10mm*2 顆 15mm*10mm*2 顆 20mm*10mm*2 顆 30mm*10mm*2 顆	配合管徑大小。
控制變因	套管長度	10cm	配合成人及學童手臂長度
	匝數	500 匝	根據探究一，纏繞 500 匝發電量較大。
	線徑	0.3mm	纏繞後體積較小，根據探究一，配合線圈 500 匝發電量較大。

線圈寬度	2 公分	根據探究 3，2 公分發電效果佳。
一端磁鐵移動最近線圈的距離	2 公分	考量距離太遠，套管長度會太長。
擺動速度	每秒來回六次	根據觀察經驗初步評估跑步時手部的擺動最快速度。

實驗步驟：

1. 準備外徑 5、8、11、18、24、33 線香管。
2. 利用泡棉膠定位線圈寬度分別為 2cm。
3. 以線徑 0.3mm 分別纏繞線圈 500 匝，漆包線兩端以砂紙刮除。
4. 準備直徑 4、6、10、15、20、30mm，厚度皆 10mm 釹鐵硼磁鐵 2 顆分別放入三種尺寸線香管。
5. 線圈兩端連接三用電表，以節拍器計算每秒來回擺動 6 次(360 拍)的速度，量測電壓、電流值。

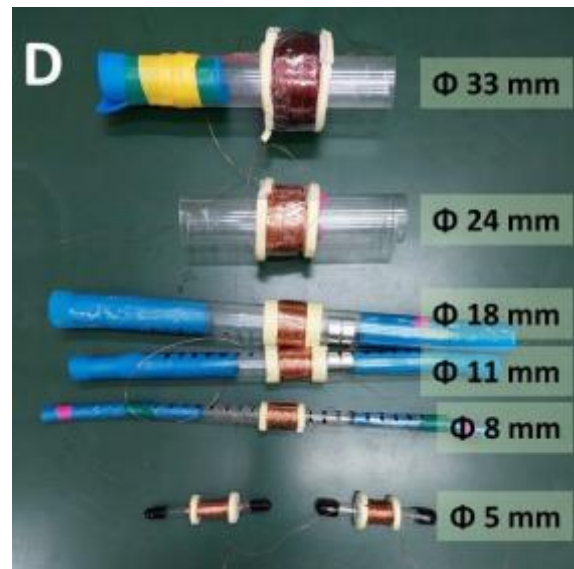


圖27 比較不同管徑與磁鐵對電量影響

探究 3-2：探討跑步擺動發電裝置運用成效

根據探究 3-1，發現如果要讓 LED 發亮至少需要以管徑 18mm、24 及 33mm 搭配磁鐵 15、20、30mm 2 顆，如果要搭配在手臂上不適合太重的裝置，因此我們決定以管徑 18mm 磁鐵 15mm*10mm*2 顆做為跑步發電裝置基礎條件。

為了方便跑步時不需要拿著發電裝置，我們決定製作包覆套件將發電組件綁在手臂，透過手臂擺動進行發電，而包覆套件部分我們希望的條件有：不傷皮膚、不易脫落、能包覆手擺發電組件，重量輕、防水.....。

包覆裝置製作：我們一開始使用塑膠瓦楞板製作，雖然堅固但太厚重，因此我們改用游泳袋的防水布來製作，輔以魔鬼氈黏合，上下及背側黏貼單片塑膠瓦楞板提升堅固性及防撞效果。最後與綑綁帶結合將手擺發電組件放入，終於完成跑步發電裝置。



圖28 繪製



圖29 黏貼成形



圖30 增加硬度



圖31 組合并黏貼束帶



圖32 以魔鬼氈黏合包覆



圖33 完成跑步發電裝置



圖34 成效測試

探究 4：探討手機緊急充電裝置製作

我們完成了運用在跑步上的手搖擺動發電裝置，但效能僅能使 LED 發亮，如何讓裝置能提供手機緊急充電使用？我們擬定以下問題：1.要如何提升效能？管徑、磁鐵、線徑的選擇？2.輸出如何轉換成直流？3.如何得知充電效果？

根據資料查詢，手機充電電壓至少須達直流電 5V 以上，因此根據 3-1 結果，我們選定外徑 33mm 管徑做為緊急發電的基礎，將匝數提升並比較線徑的差異。

過去我們是利用三用電表量測交流部分，但手機充電需轉換成直流，因此我們請教老師，利用橋式整流器轉換後進行檢測。為了將波形平穩輸出，我們並聯電容，並量測電容電壓可得知是否有充電效果。

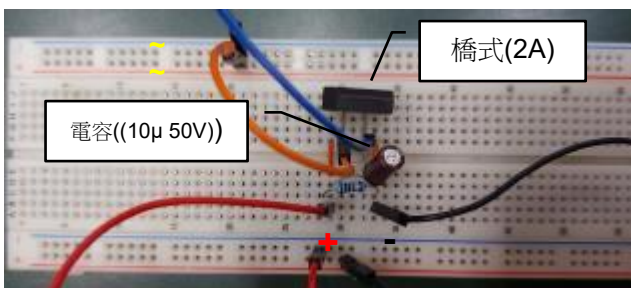


圖35 整流電路

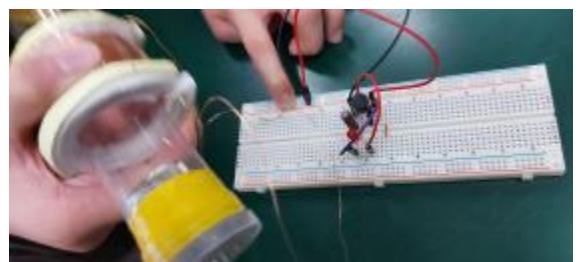


圖36 檢查測試

經過充電測試，確認有充電效果，但實際接到手機後卻無法產生充電效果，我們詢問專家，認為是三用電表讀取速度關係，建議使用示波器確認，透過波形觀察，我們發現電壓經過整流，但電壓值卻下降許多(圖 37)，為了解決這個問題，我們後來找到升壓模組將輸出升壓。

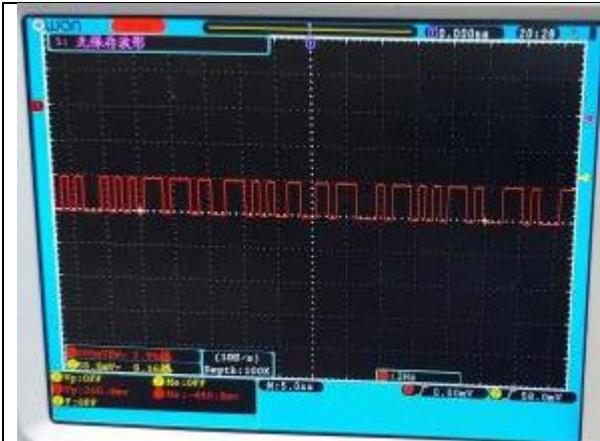


圖37 整流後以示波器檢測電壓下降

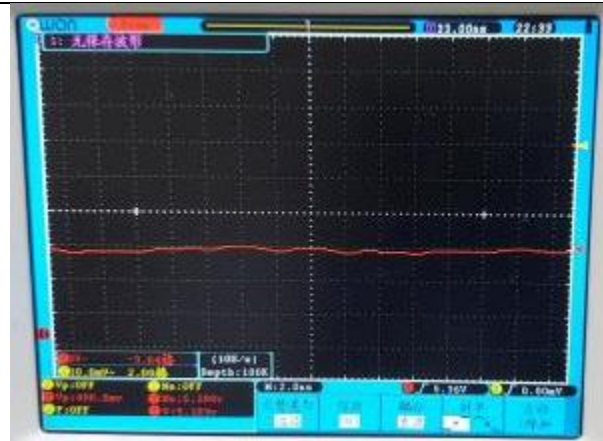


圖38 加入升壓模組提升輸出直流電壓

最後，我們將相關零件組裝，並經示波器檢測(圖 38)，終於完成了手擺發電緊急充電裝置。

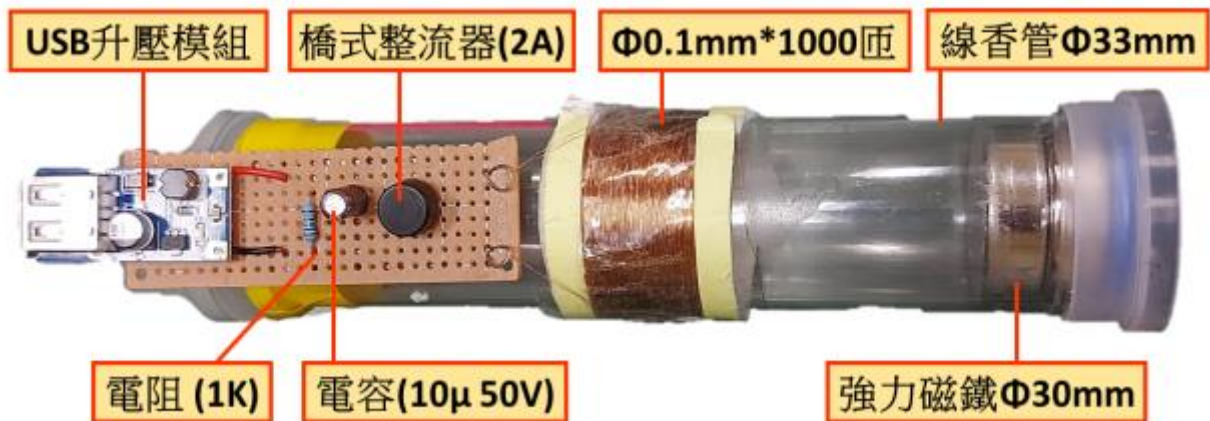


圖39 手擺發電緊急充電裝置

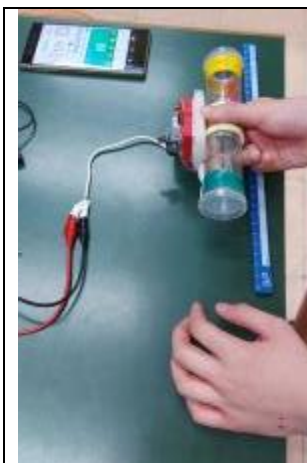


圖40 檢測擺動速度影響



圖41 檢測手機平板充電情形

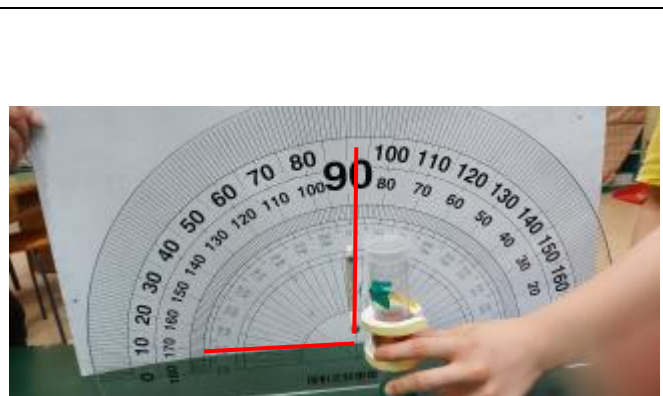
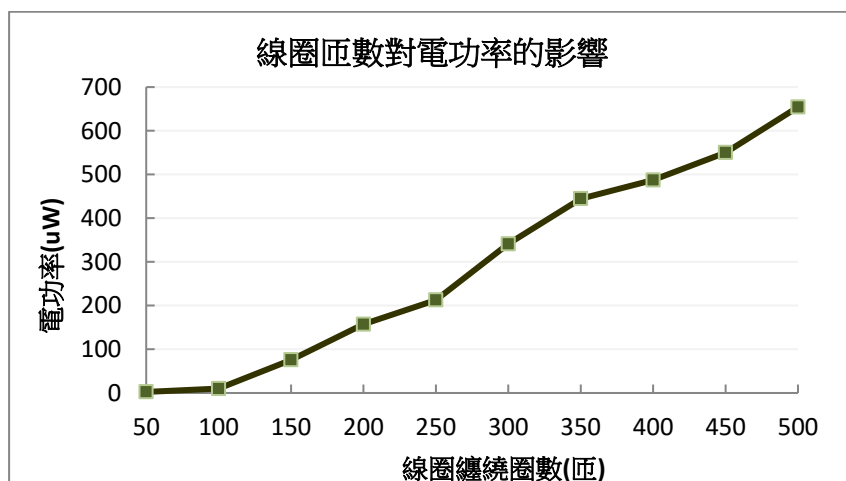
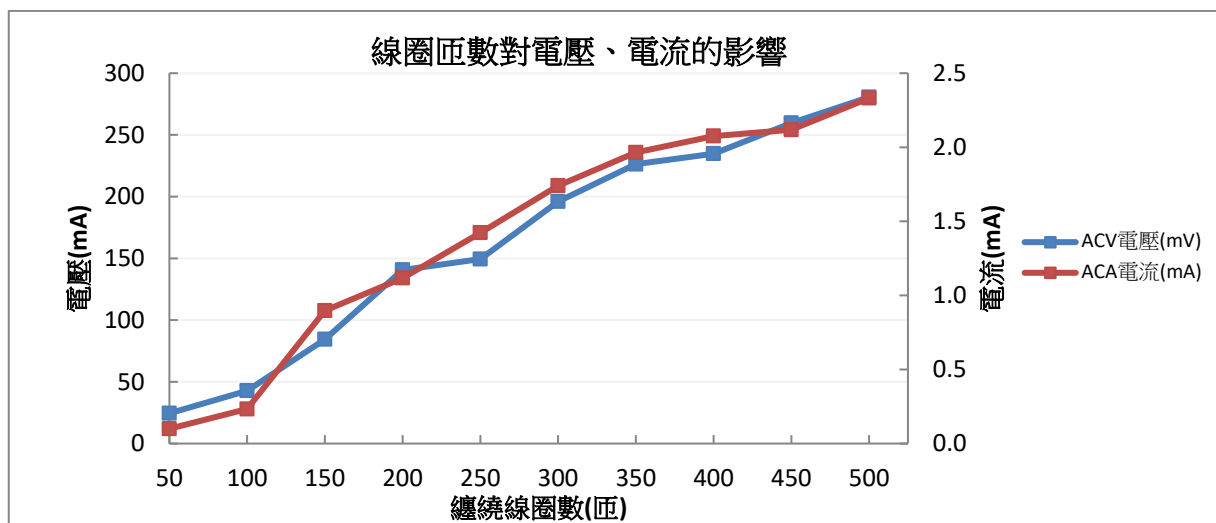


圖42 檢測傾斜擺動角度對充電情形

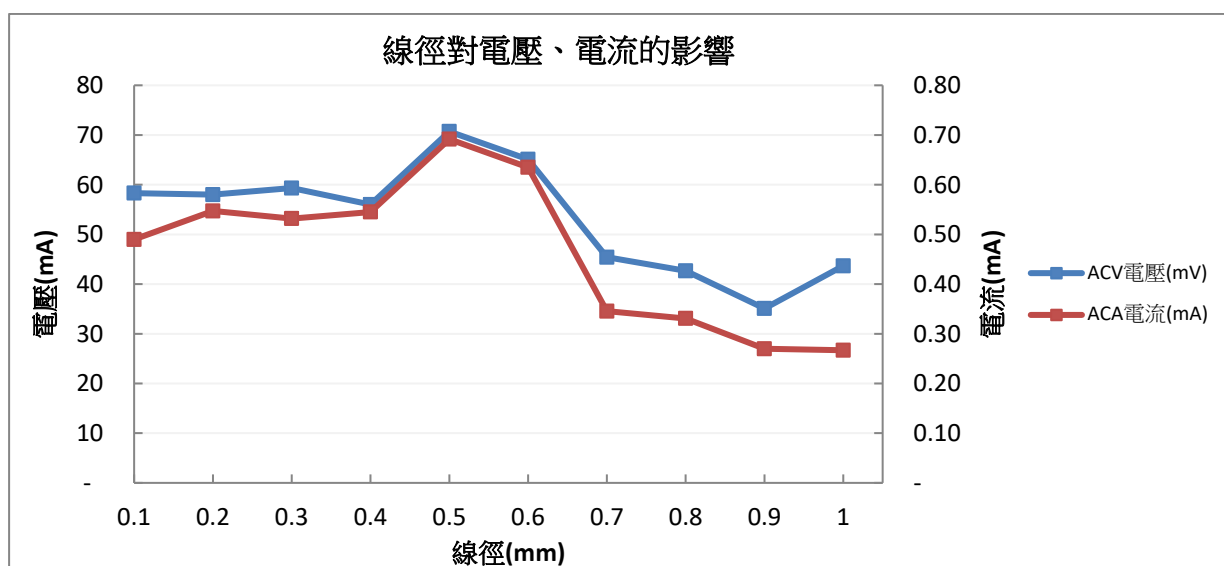
伍、研究結果

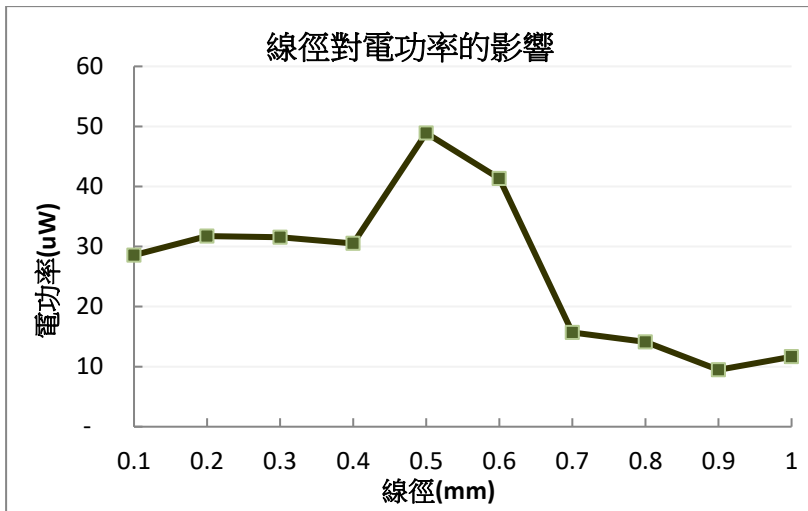
探究 1-1：探討線圈匝數對手擺發電量的影響



1. 纏繞線圈數 500 匝產生電壓、電流及電功率部分最高。
2. 纏繞線圈數越多產生電功率越高。
3. 纏繞圈數越多另一代表的意義表示漆包線纏繞越長，表示線圈長度是影響電量的因素之一。

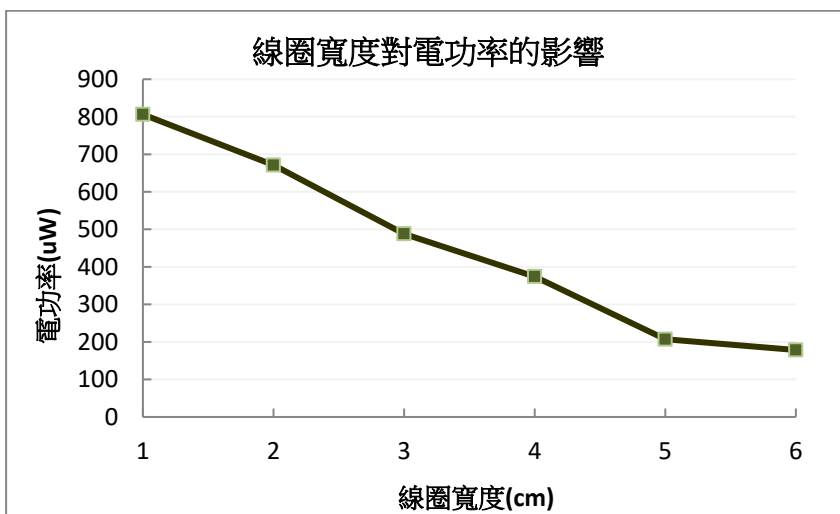
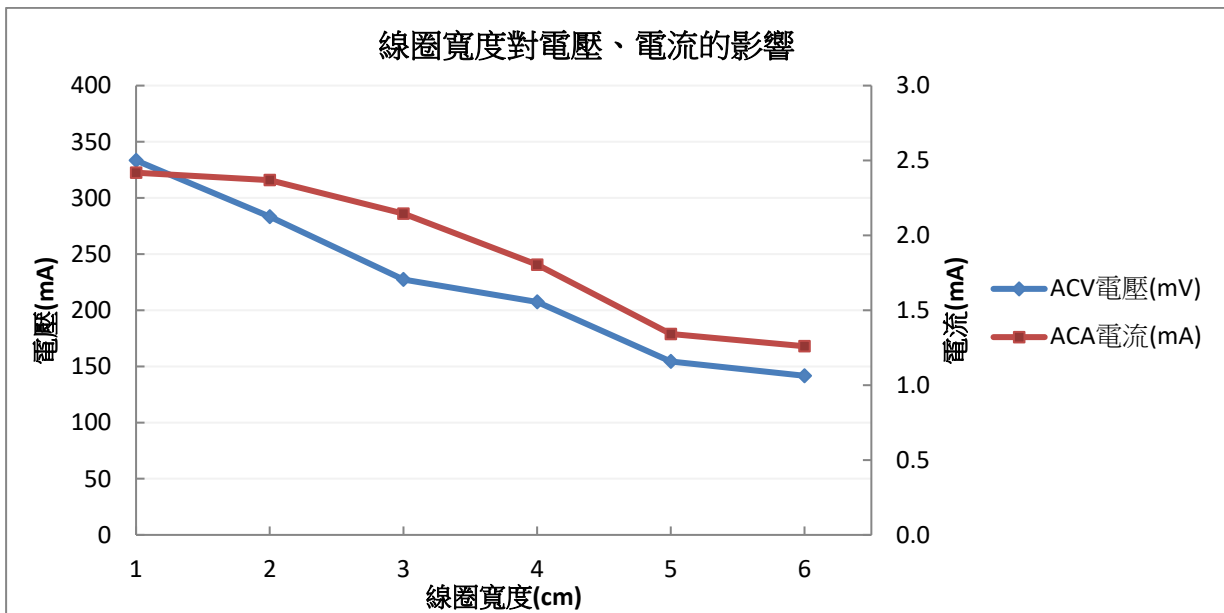
探究 1-2：探討線徑對手擺發電量的影響





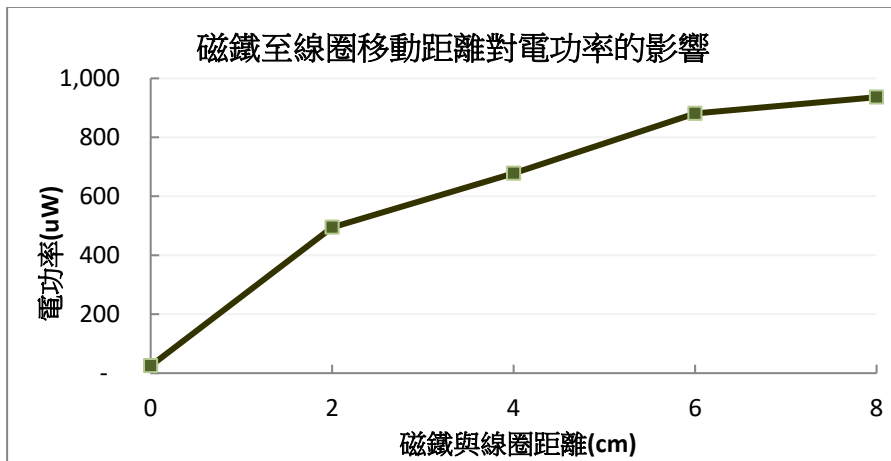
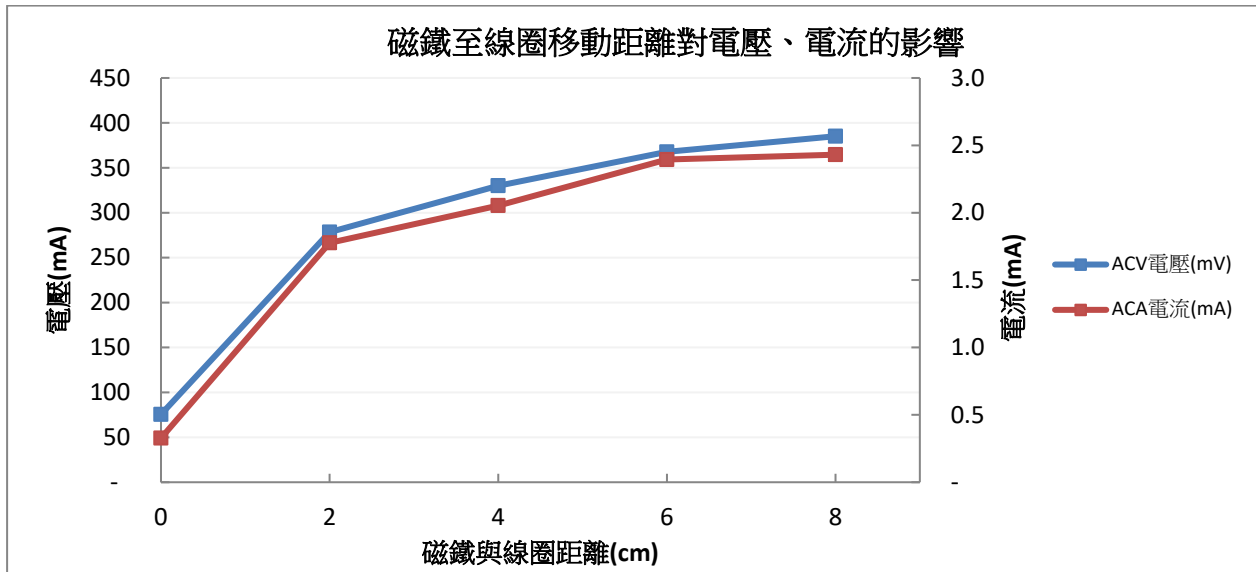
1. 線徑從 0.5mm 產生電壓、電流及電功率部分最高。
2. 0.1-0.3mm 差距不大，推測圈數太少，影響到緊密度。
3. 線徑太細，內阻值會提高，太粗則不易纏繞、體積及重量也會倍增。

探究 1-3：探討線圈寬度對手擺發電量的影響



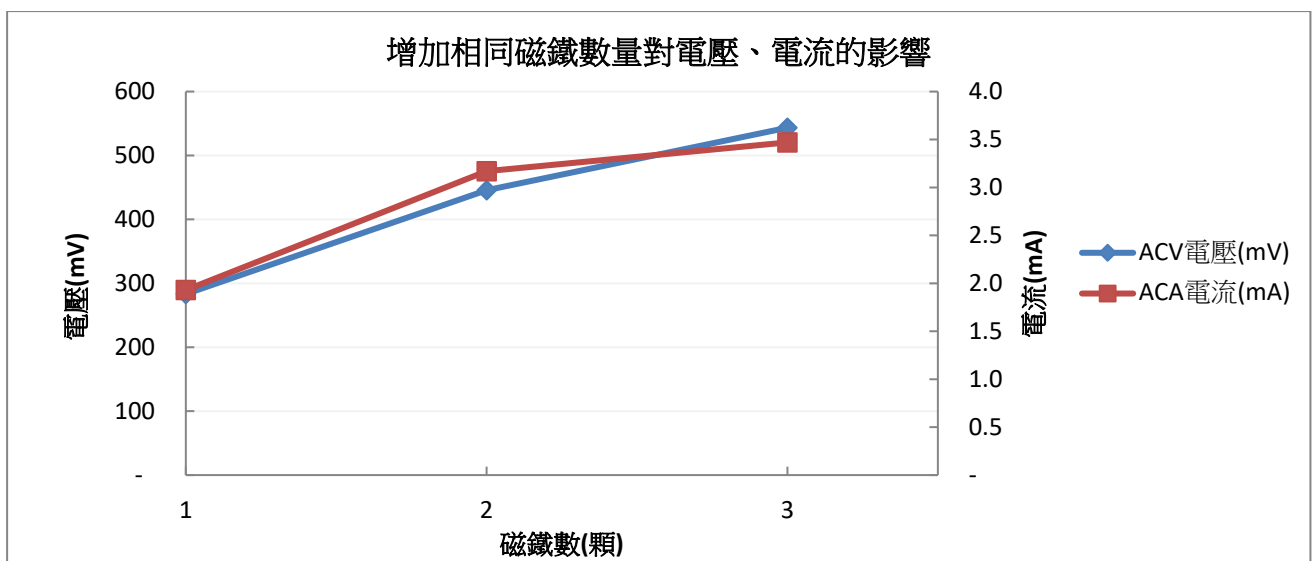
1. 寬度 1cm 產生電壓、電流及電功率部分最高。
2. 線圈寬度越寬產生電壓、電流及電功率差異相對減少。
3. 搖動磁鐵時，磁鐵需經過較寬線圈，相對影響速度使得影響電功率。

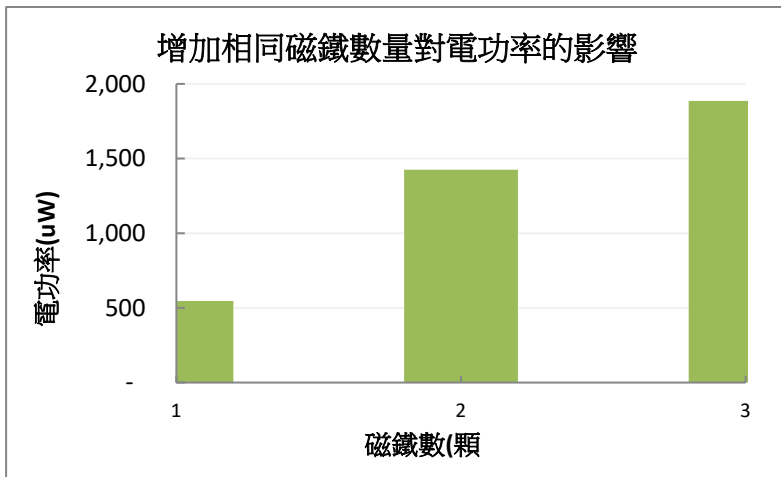
探究 2-1：探討一端磁鐵移動最近線圈的距離對手擺發電量的影響



1. 磁鐵僅在線圈範圍內移動時，產生電壓、電流及電功率最低。
2. 磁鐵距線圈距離越遠產生電壓、電流及電功率較大。

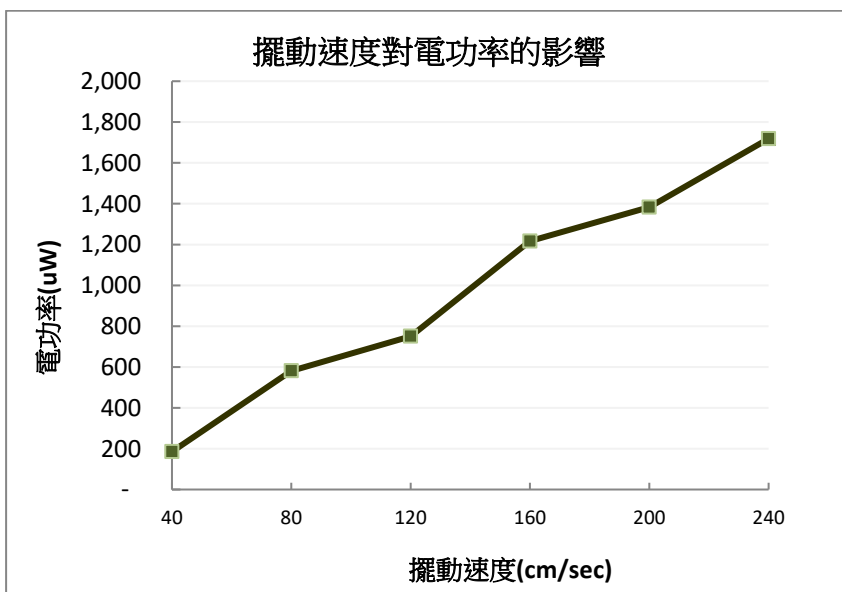
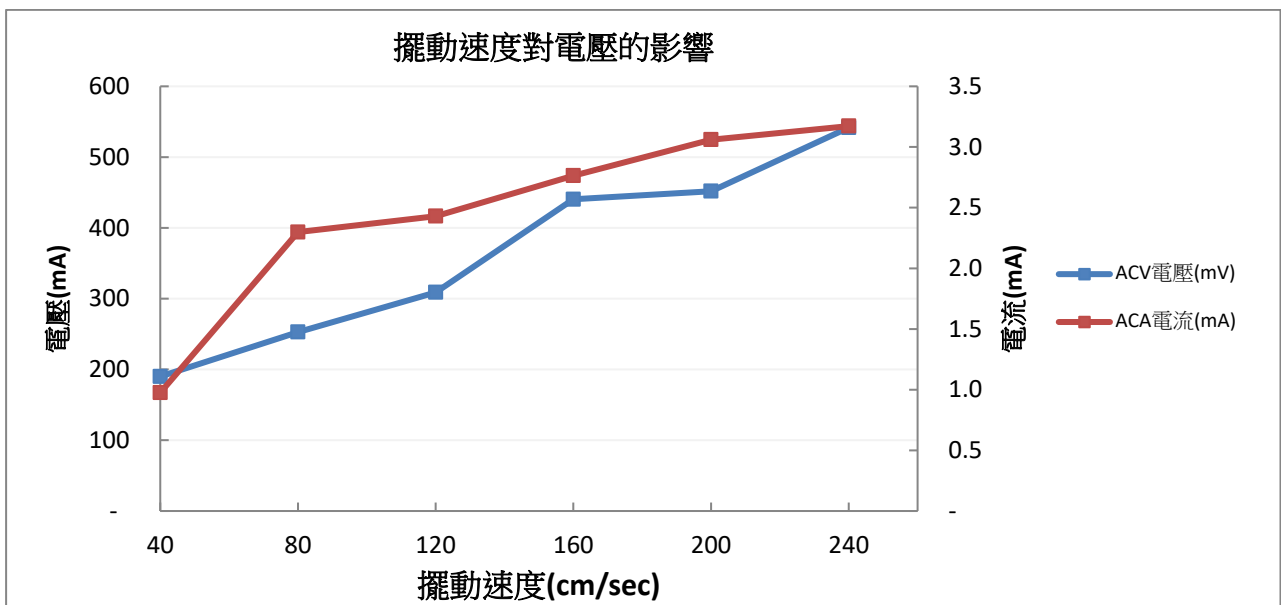
探究 2-2：探討磁鐵數量對手擺發電量的影響





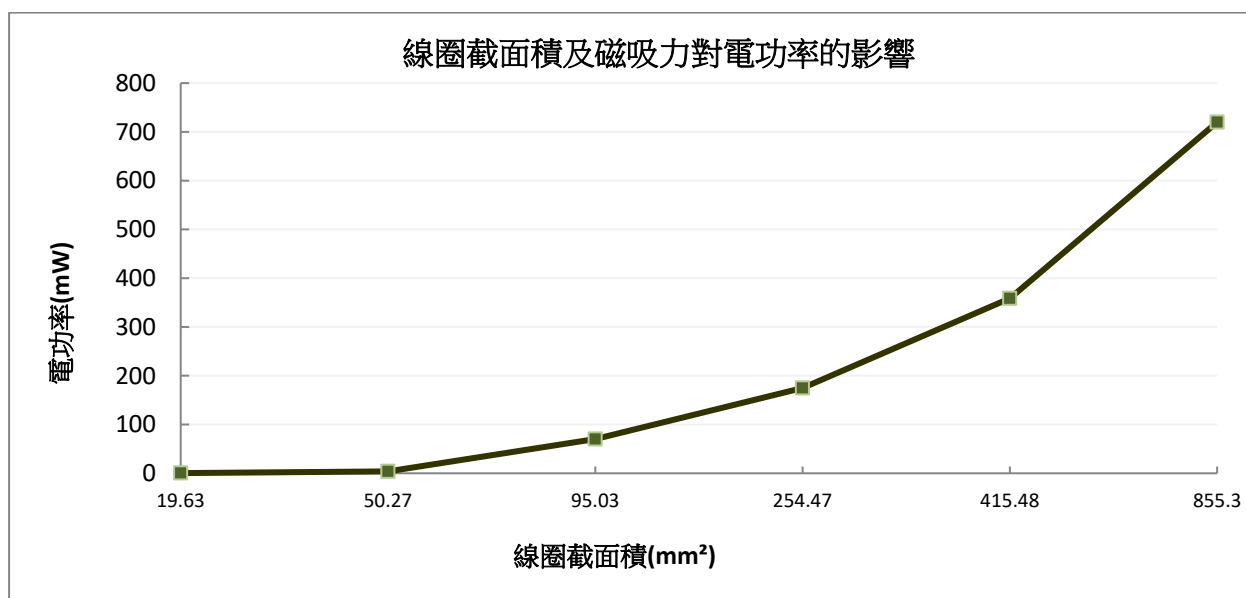
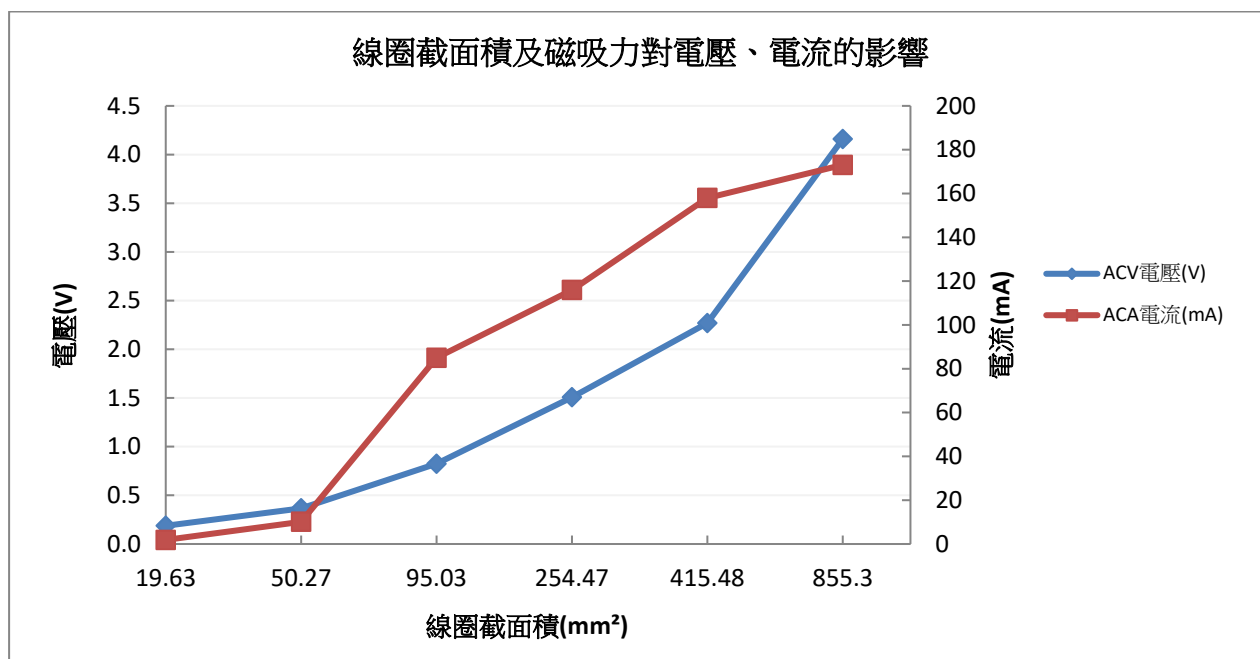
1. 直徑 10mm 厚度 10mm 強力磁鐵連接顆數越多，磁吸力越大，但不一定成等比率。
2. 三顆直徑 10mm 厚度 10mm 強力磁鐵產生電壓、電流及電功率較高。

探究 2-3：探討擺動速度對發電量的影響



1. 利用節拍器來控制速度。
2. 擺動速度越快，電壓、電流及電功率越高。

探究 3 - 1：探討增加線圈截面積及磁場強度對提升跑步擺動發電量的效用







1. 以管徑 5mm 纏繞線圈，換算線圈截面積為 19.63 mm²，配合使用直徑 4mm 磁鐵及管徑 8mm 纏繞線圈，換算線圈截面積為 50.27 mm²，配合使用直徑 6mm 磁鐵所產生的電功率皆非常微小。
2. 管徑 18mm(線圈截面積 254.47 mm²)可產生 1.5V，是使 LED 燈產生光亮的最小標準
3. 管徑 33mm(線圈截面積 855.3 mm²)可產生 4.16V。
4. 隨著匝數與磁鐵磁吸力強度增加時，感應感升電壓電流及電功率相對都會增加。

探究 3-2：探討跑步擺動發電裝置運用成效

我們請二位師長四位學童進行試用，觀察放置位置及擺動方式進行發光效能、使用上的流暢程度和穩定性等評估，從中找出最佳的使用 SOP。

表3 評測手擺發電裝置運用不同部位擺動時的發光效果

位置	流暢性	發光效能	穩固性	圖示
手掌	裝置綁或拿在手上， 手部活動空間變少	發光持續	容易滑脫	
前臂	手部擺動速度佳，能 有效帶動裝置擺動。 但每個人姿勢不同會 有擺動速度上的差 異。 前後擺動效果較佳	發光持續性能隨擺 動速度而變化。發 光有效率高。	孩童手臂較細， 需綁緊。	 採用
大手臂	舒適感稍高，但擺動 效率會受限。 手必須抬高，擺動時 才會比較明顯。	發光效率較為受 限。	受限擺動方向， 因此容易擺動。	
小腿	小跑步效果不佳。 抬腿需腳板離地 20 公分以上才有效果。	速度較手搖慢，亮 度持續性不佳。 聲音有點大。	如常有跳躍動作 易脫落。	

使用 SOP(標準化作業流程)

1. 穿戴時以束綁前臂為原則，成人手臂較長綁在接近手腕處，孩童則中間即可。
2. 擺動時，正確的跑步姿勢較能讓發電裝置發會效能，因此建議依據正確跑步姿勢，前後擺臂，保持中心軸，不要過大的橫向擺臂。(運動筆記)



圖43 穿戴前臂，LED
放置外側。

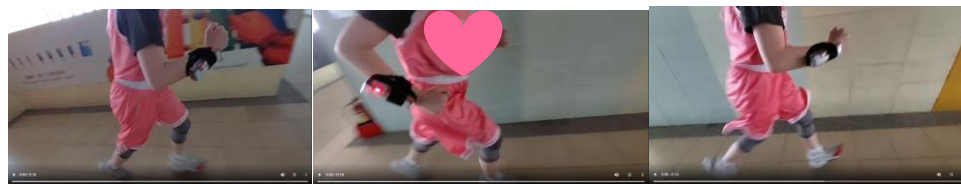
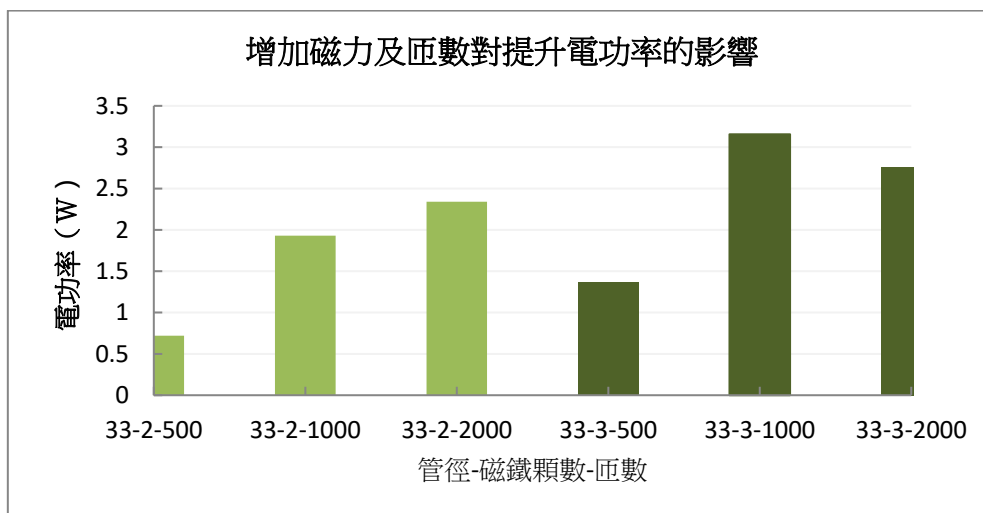
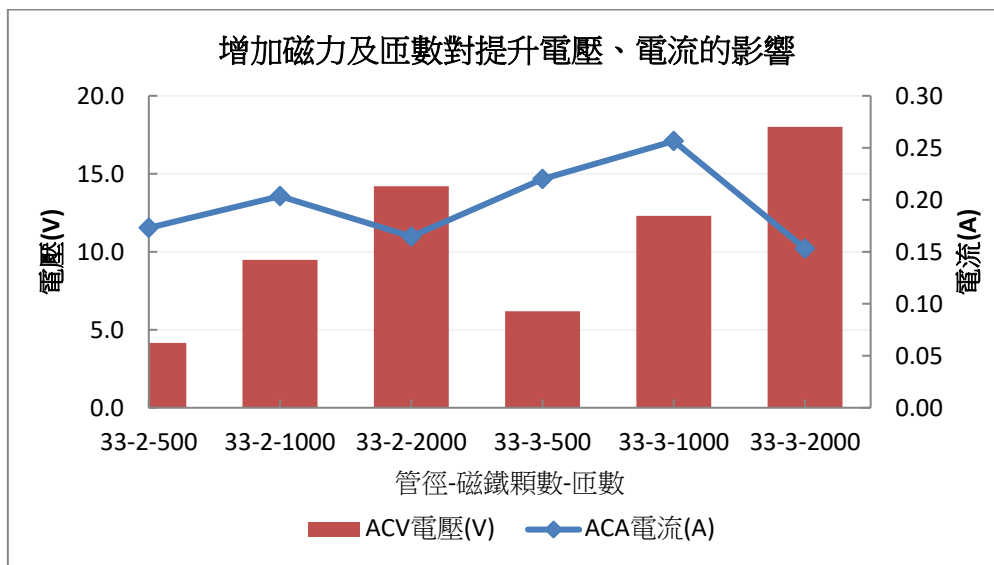


圖44 手臂需擺動，不須太刻意即能順利使 LED 發亮

探究 4-2：探討手機緊急充電裝置製作

根據三-1 以管徑 33mm 為基礎將線圈及磁鐵數量提升



1. 以管徑 33mm 為基礎，增加線圈纏繞線圈，電壓皆會提升，但纏繞 2000 匝線圈電流會下降。
2. 纏繞 2000 匝及使用 3 顆磁鐵，重量級體積皆會增加許多。
3. 1000 匝及 2 顆磁鐵產生電量達 5V 以上，因此選擇 1000 匝及 2 顆磁鐵作為後續確認。

● 線徑越小重量相對越輕，但線徑越小是否會影響發電量？

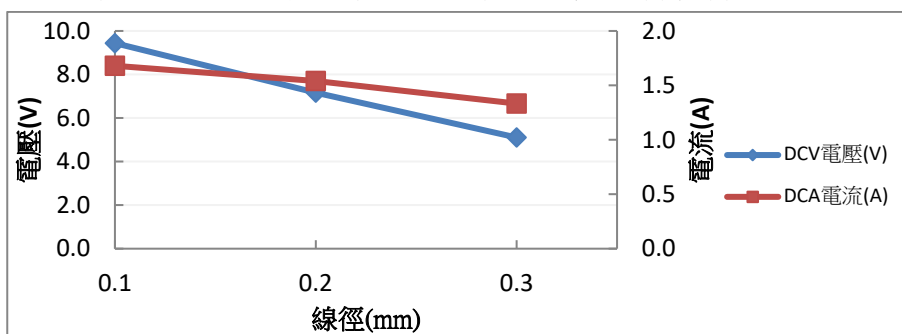
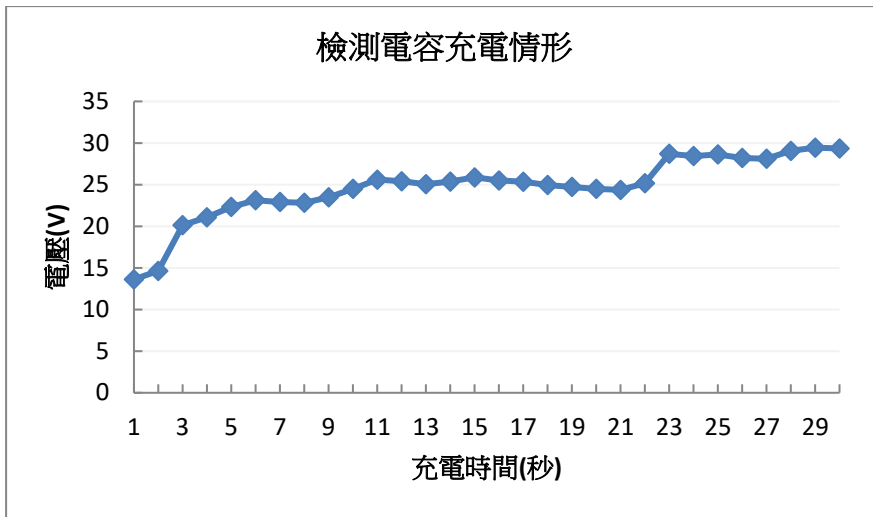


圖45 確認線徑產生電壓電流情形

1. 透過整流以三用電表測量，線徑越小電壓電流提升，
2. 選擇線徑 0.1mm 進行充電測試，結果如圖 49



以 240cm/sec(360 拍)速度橫向擺動，電容電壓穩定上升，表示搖動磁鐵時會將電能儲存在電容中。

圖46 電容充放電檢測

- 檢測不同擺動方式對發電量的影響？

表4 擺動方式對電壓的影響

擺動方式	傾斜擺動			橫向擺動					
擺動角度	45	90	180	擺動速度(拍)	120	180	240	300	360
電壓(V)	8.8	10.8	11.2	電壓(V)	10.43	11.24	11.25	11.26	11.27

1. 由於裝設充電及升穩壓模組，因此擺動速度不須太快，但要注意穩定搖擺讓磁鐵仍完整通過線圈，效果才明顯。
2. 以傾斜方式擺動穩定性不高，手部運作較不順暢，因此橫向擺動較適合。

- 實際檢測

檢測手機型號:ASUS Nexus 7、SAMSUNG Glaxy Note5



圖47 完全缺電下，擺動約需 5 秒，手機開始顯示充電模式

圖48 開啟電源

圖49 平板也可以呈現充電模式

結果：二種型式皆能啟動充電模式

陸、討論

1. 增加線圈匝數感應電流一定會增加嗎？在探究 1-1 中，匝數越多所得感應電流越大，但在探究 4-2 中，將纏繞線圈從 500 匝增加至 2000 匝，產生的感應電流卻未如預期增加，我們重新檢測多次，一開始認為是線圈纏繞的緊密度等造成的誤差，但重新纏繞後檢測仍是如此。經過詢問專家及查詢資料，發現「匝數越多，導線越長，導線電阻值也會增加」，因此感應電流並不一定會等倍增加。
2. 線徑是否越小越好？探究 1-2 中，線徑 0.6mm~1mm 電流逐漸減少！我們認為，線徑越大所需要的啟動電流就要越大，因此可能是產生的感應電流還不足以驅動，導致電流量小。較大的線徑纏繞在吸管上容易造成太過厚重，也容易鬆散，緊密度不佳，因此，在我們的手擺發電裝置上不適用線徑太大的漆包線作為線圈。
3. 探究 1-3 中，線圈寬度較小，感應電量效果較其他佳，但也不宜太小，因為過窄也可能因為過厚而受到影響。
4. 磁鐵在線圈移動的範圍會受到影響嗎？我們認為磁鐵與線圈須有一段距離，磁鐵的進出才容易生成感應電流，實驗中發現距離越短電量越大，推判應是速度上的問題，因為我們設定的方法是同時間計算磁鐵擺動距離，因此造成管子越長內部磁鐵速度移動越快。但如果設置在手臂上，除了受限手臂長度，管子太長也則需要花更大的力氣推動磁鐵。因此做為緊急發電裝置時我們仍以手持擺動方式為主。
5. 磁鐵的連接數量確實會增加磁場強度，但卻不一定呈現倍比關係。我們利用滑輪製作簡易的磁力檢測裝置，代替昂貴的儀器，這是我們覺得很有創意的想法！
6. 剛開始實驗時，因為磁鐵在線圈中來回移動，導致電流變化方向性會改變，所以數值會無法停留在固定的數值，為什麼數值會有變化？我們再次查閱資料並經由老師說明，因為磁鐵在進出線圈的同時會改變磁場進而產生感應電流，感應電流造成的磁場會形成一股抗拒磁場變化的力，磁鐵接近和離開線圈的同時電流方向會不同，為了記錄電量變化及我們利用手機攝影後記錄每秒數值變化，取 10 秒計算平均值。
7. 為什麼不用示波器檢視所有實驗的波形？三用電表是在生活中較容易取得的工具，所以我們一開始都是以三用電表作為電量檢測依據，但是進行到後期，進行充電效能時，發現三用電表讀取數值與我們預設結果有偏差，因此最後才借到示波器確認我們的想法。
8. 為了提高磁鐵移動速度，我們曾經嘗試在管子兩端裝置磁鐵讓管內磁鐵互斥減少撞擊摩擦，也試著利用彈簧彈力增加速度，但效果不佳，未來會繼續嘗試解決。
9. 我們透過自製儀器及一連串的實驗，從現象去觀察、驗證影響電磁感應的相關因素，重現了法拉第的實驗精神，最後依據實驗結果完成了簡易的夜跑發光警示裝置及緊急手機充電裝置，提供夜晚戶外跑步等活動時的安全警示防護及在野外危急時，面臨手機沒電時使用，未來希望能繼續增進蓄電功能。

柒、結論

1. 我們從磁鐵穿過線圈的手擺發電裝置透過自製纏繞裝置及磁力檢測器等檢測裝置驗證影響發電因素：
 - (1). 線圈匝數-匝數多可產生感應電量較高，但線圈匝數越多，導線電阻值也會越高。
 - (2). 線徑-線徑較細所占體積較少，也較能纏繞較多的線圈。線徑越粗不一定電量越高。
 - (3). 線圈截面積-截面積越大，產生電量較高。
 - (4). 線圈纏繞寬度-磁鐵要與線圈保持一點距離，不可以只在線圈內移動。
 - (5). 磁鐵磁場強度-磁場強度越強，發電效果越好。
 - (6). 磁鐵在線圈內移動速度-移動速度越快，造成的磁場變化越大，電量越高。
2. 利用手擺發電裝置原理完成跑步發光警示裝置：
 - (1). 最適效能- 18mm 線香管 10cm 長、纏繞線圈 500 匝、線圈寬度 2cm、釹鐵硼磁鐵 15mm*10mm*2 顆。
 - (2). 利用防水袋、瓦楞板等自製發電穿戴裝置，除可將發電組件包覆並具有輕盈、防水等效用。
 - (3). 使用 SOP (標準作業程序)-穿戴在前臂上，以標準姿勢(手需擺動，不外偏轉)跑動，也可用於健走或甩手等手臂可前後擺動的活動。
 - (4). 裝置用途-不需消耗過多能源、提供戶外活動者安全防護。
3. 提升手擺發電效能，完成手機緊急充電裝置：
 - (1). 最適效能- 33mm 線香管 10cm 長、纏繞線圈 1000 匝、線徑 0.1mm、線圈寬度 2cm、釹鐵硼磁鐵 30mm*10mm*2 顆。
 - (2). 利用橋式整流、電容等電子零件提供穩定的輸出電量。
 - (3). 裝置用途-不需擔心電量消耗，隨時可提供手機緊急充電。

捌、參考文獻資料

1. 電磁感應。均一教育平台。取自：<https://www.junyiacademy.org/junyi-science/middle-school-physics-chemistry/s4zdt-/e/s4zdt-db>
2. 法拉第電磁感應定律。Wikiwand。取自：<https://www.wikiwand.com/zh-mo/%E6%B3%95%E6%8B%89%E7%AC%AC%E7%94%B5%E7%A3%81%E6%84%9F%E5%BA%94%E5%AE%9A%E5%BE%8B>
3. 什麼是無線充電？何謂電磁感應方式？。ROHM。取自：https://www.rohm.com.tw/electronics-basics/wireless-charging/wireless-charging_what3
4. 高中物理 - 法拉第電磁感應定律。翰林雲端學院。取自：
<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/%E9%AB%98%E4%B8%AD/%E7%89%A9%E7%90%86/%E6%B3%95%E6%8B%89%E7%AC%AC%E9%9B%BB%E7%A3%81%E6%84%9F%E6%87%89%E5%AE%9A%E5%BE%8B.html>
5. 人體能量開發:人體運動可以產生大量能量。中文百科知識。取自
<https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E4%BA%BA%E9%AB%94%E8%83%BD%E9%87%8F%E9%96%8B%E7%99%BC>
6. 苗栗縣苗栗市建功國民小學。踏步機 好神！。第51屆全國中小學科展。國小組，生活與應用科學科
7. 手搖手電筒。國立科學工藝博物館。取自：<https://www.youtube.com/watch?v=GQHQJBS2z4g>
8. 請問磁力可以換算成吸力嗎? 可以吸多重?。磁之超市。取自：
<https://www.msmt.com.tw/faq/all/1>
9. 電磁 標題:關於電磁感應的感應電流....困惑中...。取自：國立台灣師範大學物理系 物理教學示範實驗教室(舊網站) 物理問題討論區(黃福坤)。
<https://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=4154>
10. [跑者進化錄] 良好的跑姿。取自：運動筆記。
<https://running.biji.co/index.php?q=news&act=info&id=4350>

【評語】 080113

本作品探討手擺發電裝置探討影響發電效能因素，並且成功製作出手機緊急充電裝置，並且對其發電組的最新組合進行完整之探討，同學學習了手擺發電系統的發電效率相關的參數。

雖然實驗結論大多為預期結果，但是本作品變因控制考慮得相當周全，就應用的層面來說算是一件相當具有參考價值的作品。

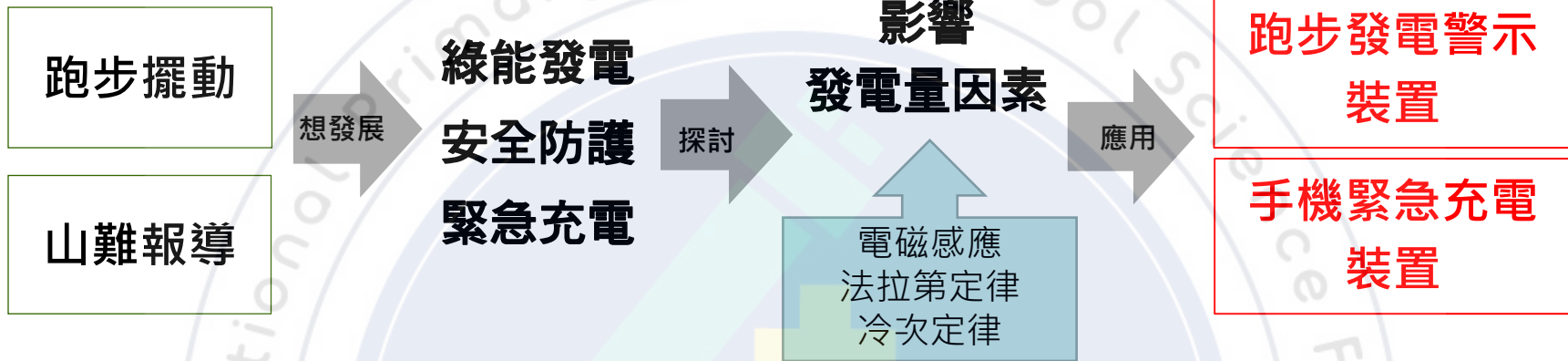
作品簡報

磁入電出- 手擺發電應用在緊急充電效能之探討

組別:國小組
科別:物理科



動機與目的



目的

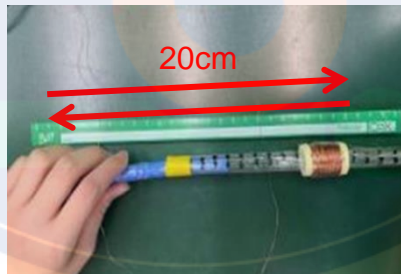
- 探討**線圈**、**磁鐵**、**擺動速度**對手擺發電的影響。
- 了解**不同的跑步擺動方式**達到的最佳發電量。
- 提升手擺發電效能，完成隨身攜帶的**手機緊急充電裝置**。

實驗設計

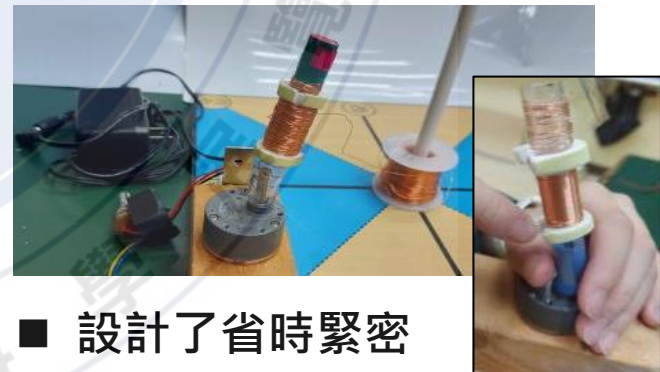


手擺發電裝置

- 電量數值不固定
- 每秒讀取，記錄10次取平均值

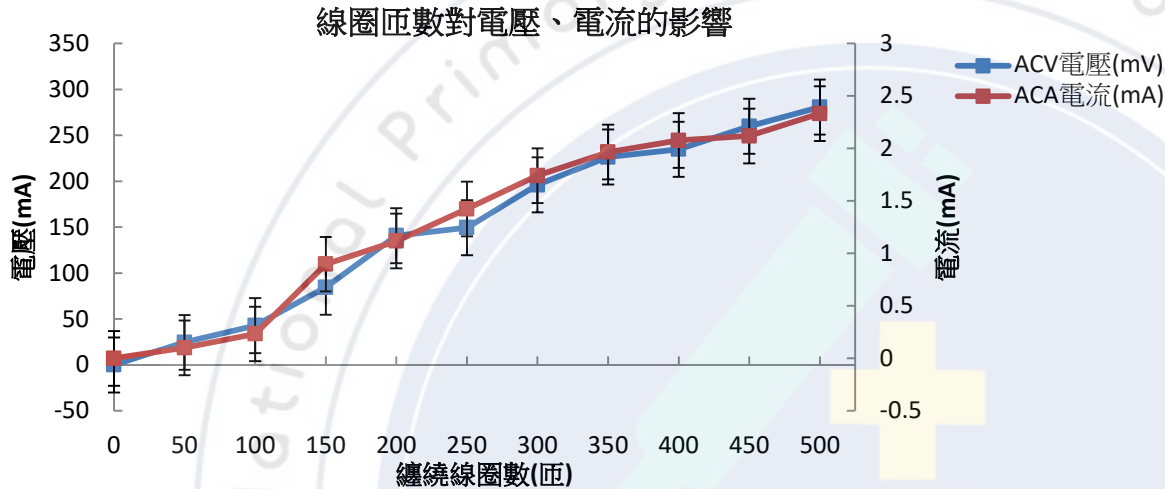


- 觀察跑步擺動
- 設定：來回一次 = 擺動距離40公分



- 設計了省時緊密纏繞裝置

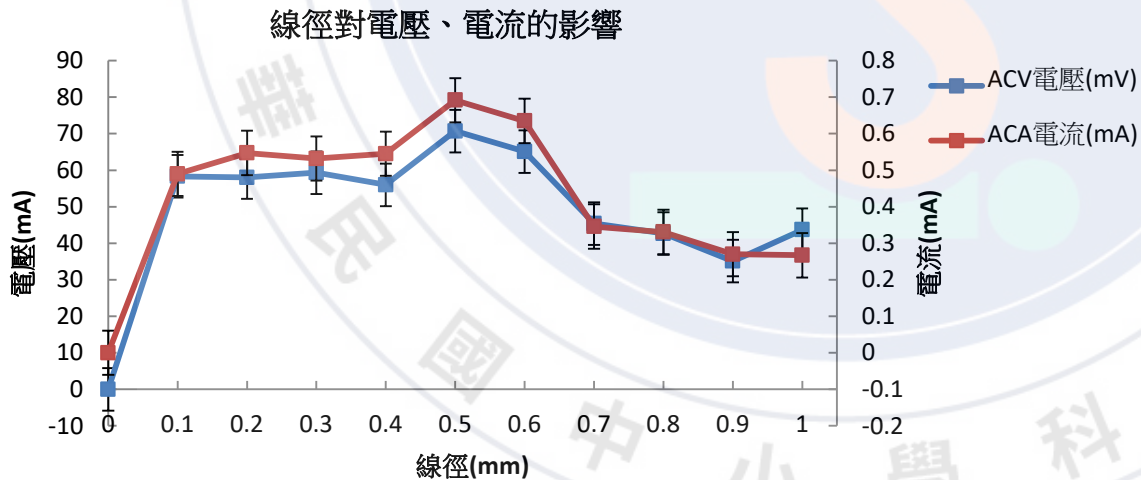
探究1-1 :探討線圈匝數對手擺發電量的影響



➤ 實驗範圍內，匝數越高，電壓、電流及電功率較高。

➤ 纏繞圈數越多=漆包線纏繞越長，影響發電量。

探究1-2 :探討線徑對手擺發電量的影響



➤ 實驗範圍內，匝數100匝時，線徑0.5mm，產生電壓、電流及電功率較高。

➤ 線徑太大，厚重，易鬆散，緊密度不佳。

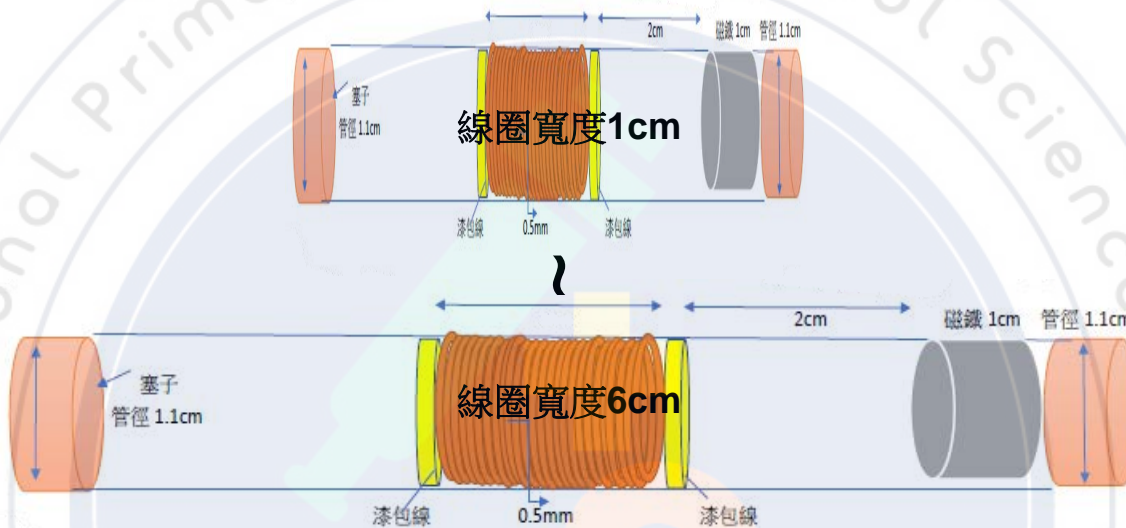
探究1-3 : 探討線圈寬度對手擺發電量的影響

控制變因

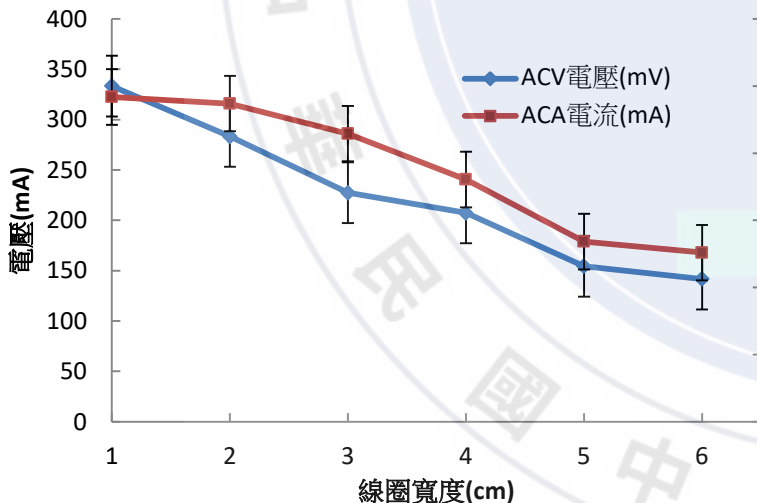
1. 管徑
2. 匝數
3. 線徑
4. 緊密度
5. 磁鐵大小
6. 磁鐵與線圈距離
7. 搖動速度

操作變因

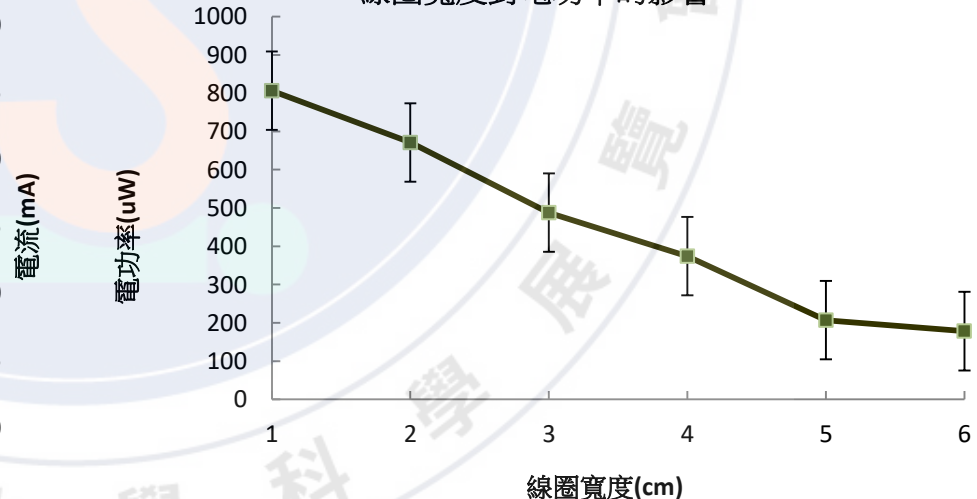
- 線圈寬度
- 1 cm
 - 2 cm
 - 3 cm
 - 4 cm
 - 5 cm
 - 6 cm



線圈寬度對電壓、電流的影響



線圈寬度對電功率的影響

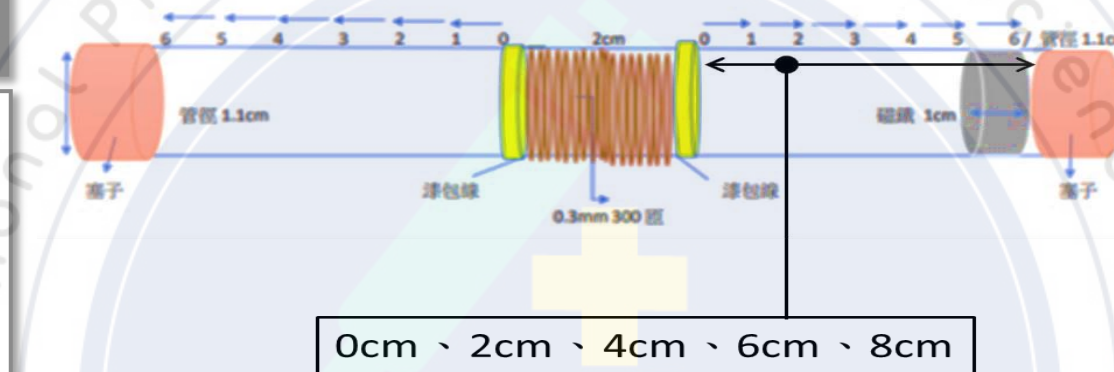


➤ 線圈寬1cm，產生電壓、電流及電功率較高。

探究2-1：探討一端磁鐵移動最近線圈的距離 對手擺發電量的影響

控制變因

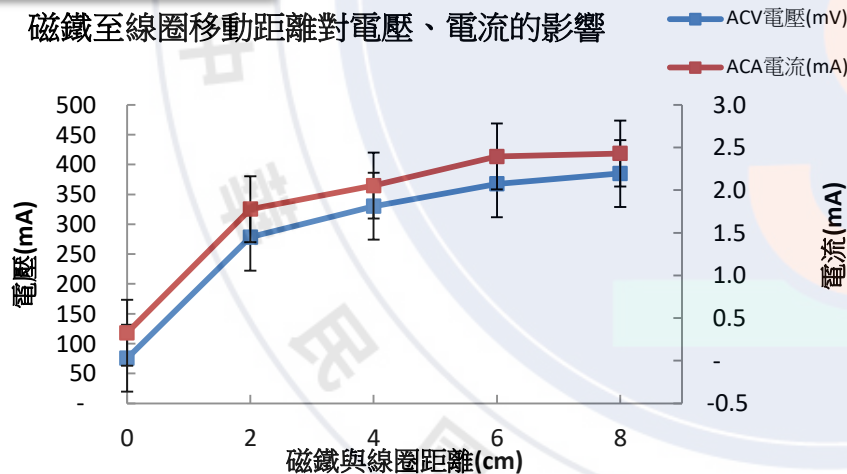
1. 管徑
2. 匝數
3. 線徑
4. 線寬
5. 磁鐵大小
6. 搖動速度



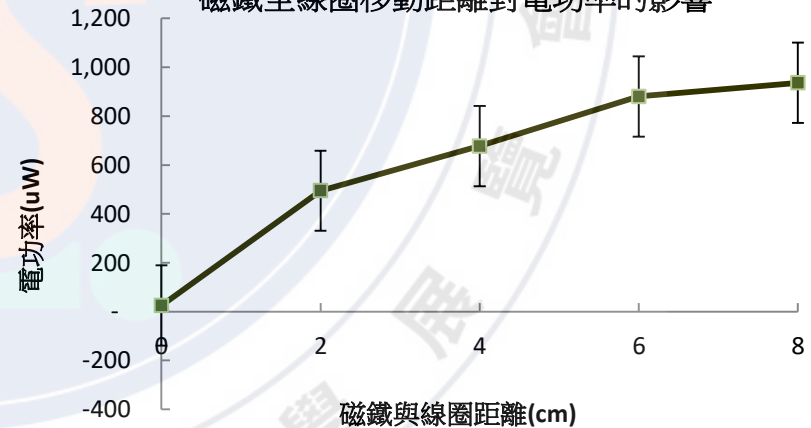
操作變因

- 磁鐵距線圈
- 0cm
 - 2cm
 - 4cm
 - 6cm
 - 8cm

磁鐵至線圈移動距離對電壓、電流的影響



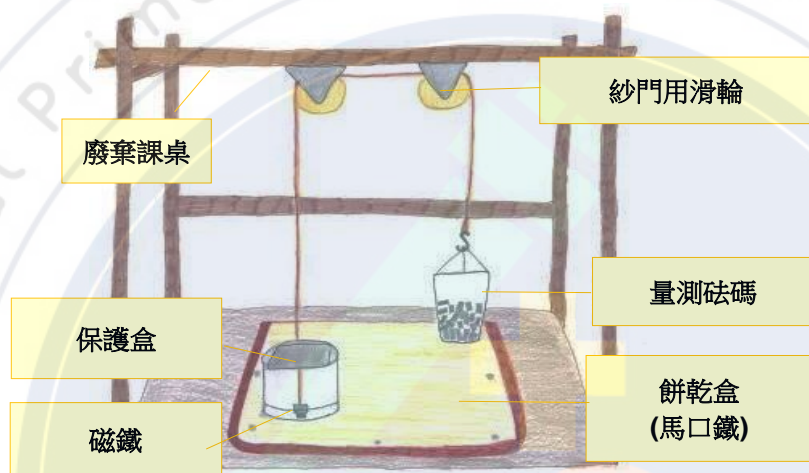
磁鐵至線圈移動距離對電功率的影響



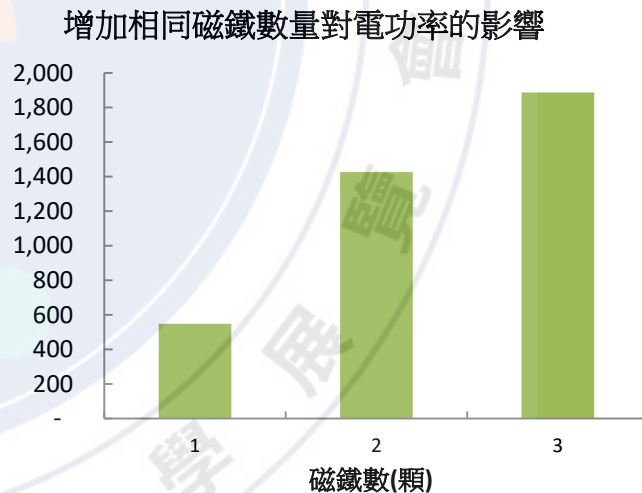
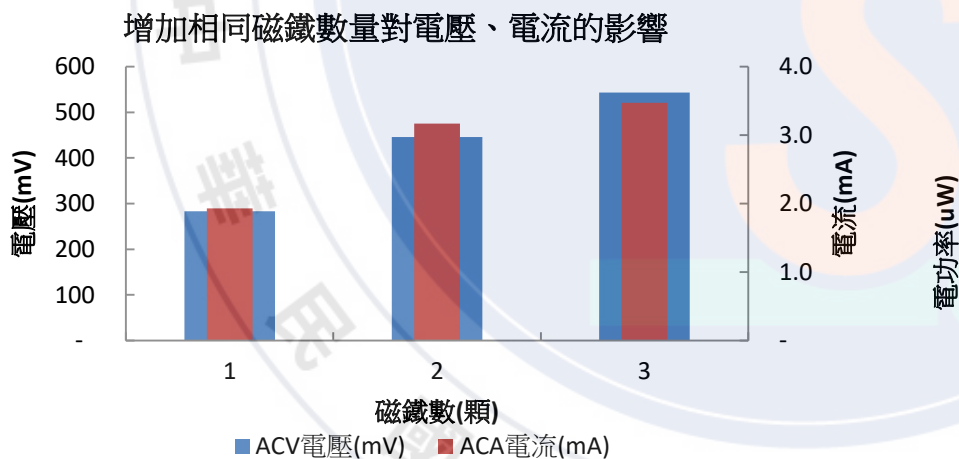
- 磁鐵僅在線圈範圍內移動時，產生電壓、電流及電功率最低。
- 距離8cm產生電壓、電流及電功率較大。推測與速度相關。

探究2-2：探討磁鐵數量對手擺發電量的影響

- 自製磁力檢測裝置原因：坊間儀器貴+無數顆相吸數據。
- 設計構想：控制吸附物品及間隔距離，間接推論磁力大小。



第二代 磁力檢測裝置

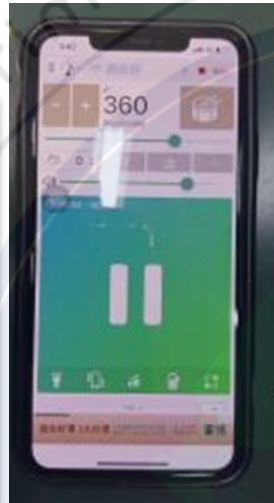


- 磁鐵的表面積越大，磁吸力也會越大。
- 磁鐵堆疊顆數增加，電壓、電流增加但未成等倍。

探究2-3 : 探討擺動速度對發電量的影響

控制變因

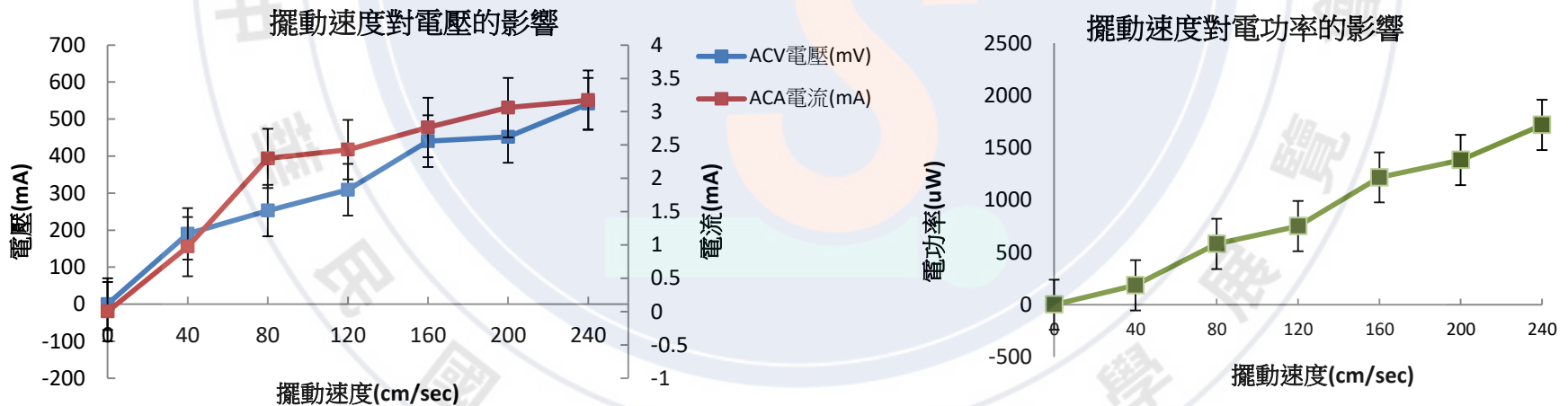
1. 管徑
2. 匝數
3. 線徑
4. 線寬
5. 磁鐵大小
6. 磁鐵與線圈距離



操作變因

搖動速度

- 60拍=來回1次/sec=40cm/sec
- 120拍=來回2次/sec=80cm/sec
- 180拍=來回3次/sec=120cm/sec
- 240拍=來回4次/sec=160cm/sec
- 300拍=來回5次/sec=200cm/sec
- 360拍=來回6次/sec=240cm/sec



- 以每秒來回6次速度(240cm/sec)產生電壓、電流及電功率較高。
- 隨著擺動速度增加，電壓、電流及電功率增加。

探究3-1:增加線圈截面積提升跑步發電效能

- 管徑11mm，增加纏繞圈數500及1000匝，發電效能未達預設標準。
- 提升發電效能方法:增加管徑及磁鐵大小

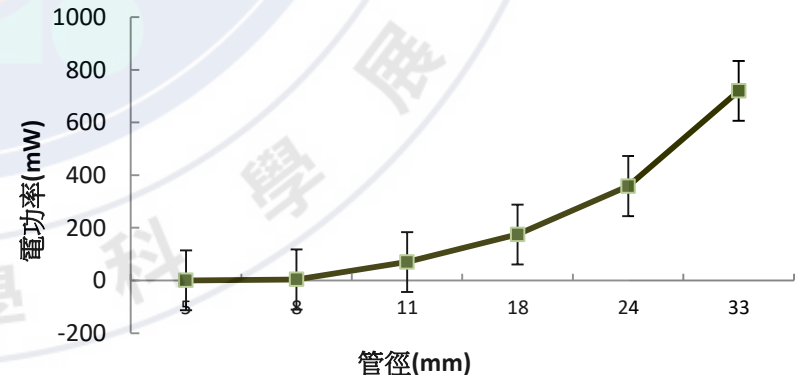
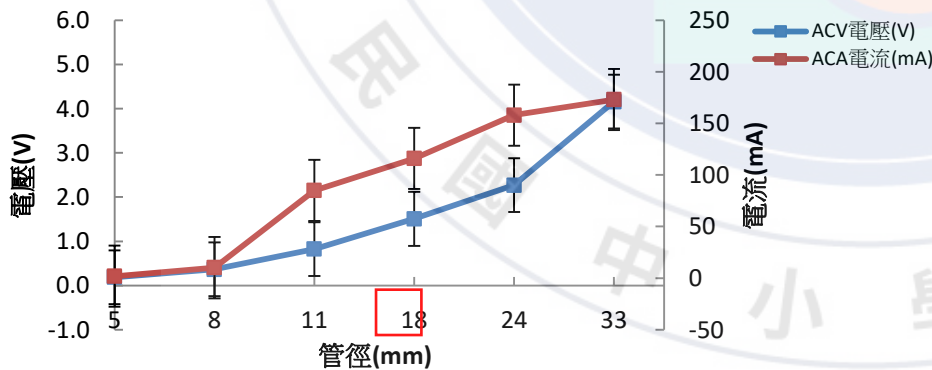
控制變因

1. 套管長度
2. 匝數
3. 線徑
4. 線圈寬度
5. 磁鐵與線圈距離
6. 搖動速度



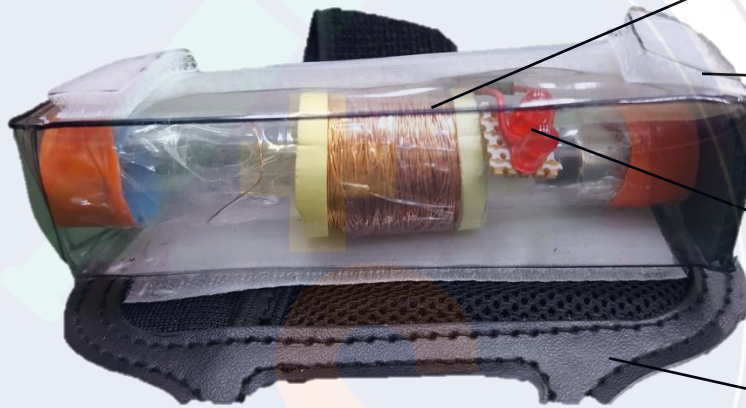
操作變因

管外徑大小/截面積	磁鐵表面直徑*厚度*顆數
5mm/19.63mm ²	4mm*10mm*2顆
8mm/50.27mm ²	6mm*10mm*2顆
11mm/95.03mm ²	10mm*10mm*2顆
18mm/254.47mm ²	15mm*10mm*2顆
24mm/415.48mm ²	20mm*10mm*2顆
33mm/855.3mm ²	30mm*10mm*2顆



探究3-2:跑步擺動發電裝置運用成效

- 最適效能:管徑18mm + 磁鐵15*10mm*2顆
- 效能檢測：流暢性、發光效能、穩固性



電磁感應發
電裝置

tpu材質包
覆套

發光二極體

束帶

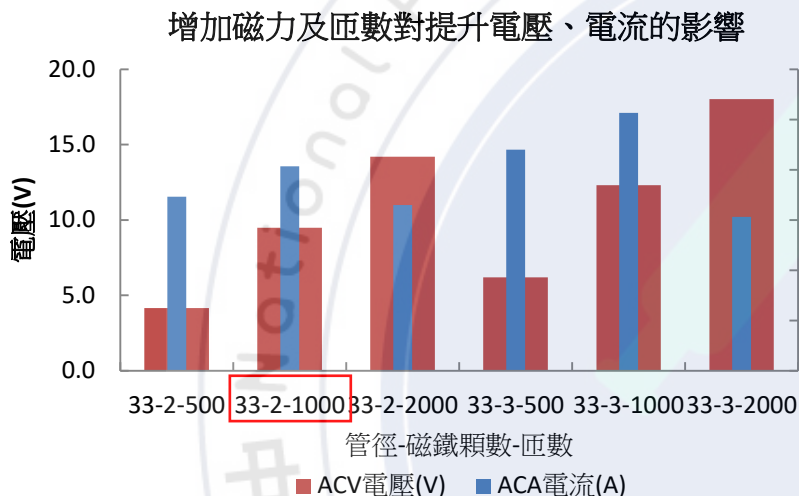
輕便防水-跑步發電警示裝置



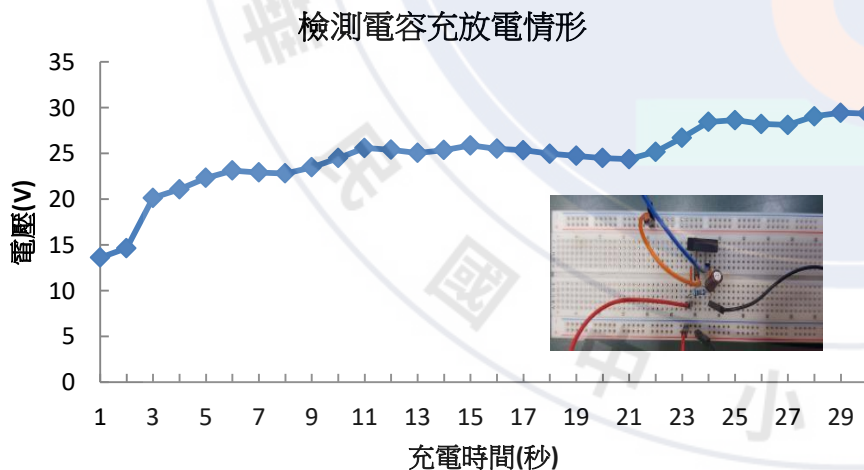
參考運動書籍中正確的跑步姿勢 - 前後擺臂，保持中心軸，發光效能佳。 9

探究4：手機緊急充電裝置

■ 最適效能：管徑33mm + 磁鐵30*10mm*2顆

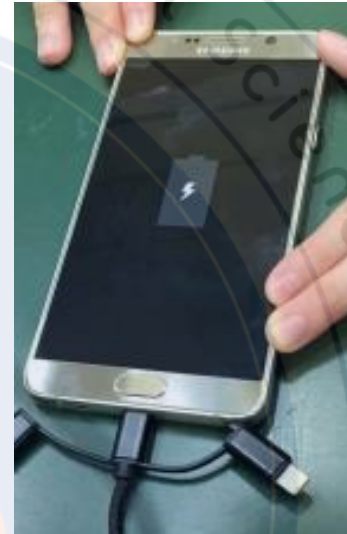
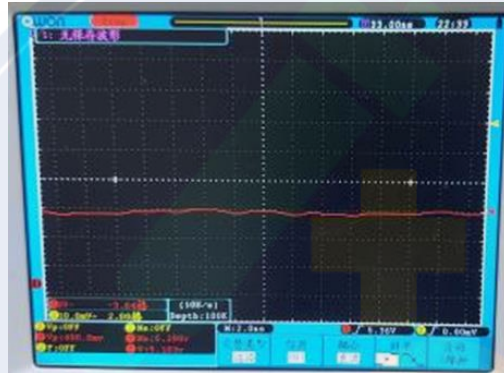
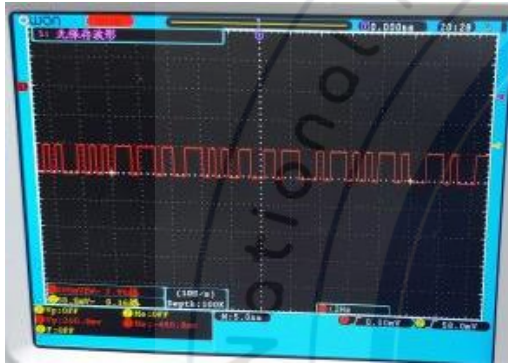


- 以管徑33mm為基礎，纏繞線圈增加，電壓提升。纏繞2000匝推測電阻增加，電流下降。
- 1000匝及2顆磁鐵產生電量達5V以上，因此以此基礎作為後續實驗標準。

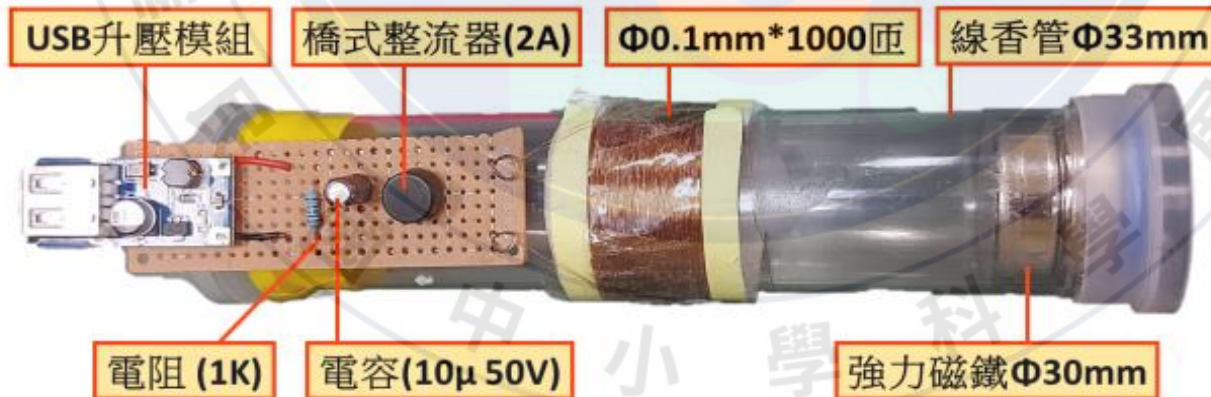


- 利用橋式整流及電容檢測充電情形
- 以每秒來回6次(360拍)速度橫向擺動，電容電壓穩定上升，表示搖動磁鐵時會將電能儲存在電容中。

探究4：手機緊急充電裝置



- 整流後降壓，加入升壓模組提升輸出直流電壓。
- 完全缺電下，擺動約需5秒，手機開始呈現充電模式。



結論&未來展望

- 透過磁鐵穿梭在線圈中，運用電磁感應原理產生電量。
- 設計實驗並自製檢測裝置發現影響電量產生的因素：
線圈部分 - 線圈匝數、線徑、寬度、線圈截面積。
磁鐵部分 - 磁力大小、磁鐵至線圈移動距離、磁鐵移動速度。
- 成功完成跑步擺動發電裝置及手機緊急充電裝置。
優點：**1.新綠能發電點子 2.提供戶外活動安全防護 3.提供急難使用**
- 未來展望：縮小體積並具備電效果。

文獻參考與資料

- 手搖手電筒。國立科學工藝博物館。取自：<https://www.youtube.com/watch?v=GQHQJBS2z4g>
- 電磁 標題:關於電磁感應的感應電流...困惑中...。取自：國立台灣師範大學物理系 物理教學示範實驗教室(舊網站) 物理問題討論區 (黃福坤)。
<https://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=4154>
- 苗栗縣苗栗市建功國民小學。踏步機 好神！。第51屆全國中小學科展。國小組，生活與應用科學科