

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

第三名

082803

來電海盜船-鐘擺式海浪發電機

學校名稱：桃園市大溪區福安國民小學

作者： 小五 王文良 小五 張耀典 小六 童宇洋 小五 簡筠融 小五 李蔓喬	指導老師： 陳其茂
---	------------------

關鍵詞：鐘擺、海浪、發電機

摘要

人類為了用電的需求，使用的發電方式常造成環境的污染，進而對人類及生態造成影響，因此，世界各國開始重視生態環境的保護措施，科學家們正積極尋找低污染的再生能源，以取代既有的高污染能源。

本研究利用課本所學之電磁原理及其他科學原理設計一組鐘擺式海浪發電機，經過鐘擺實驗得知，擺長影響鐘擺的行程，而擺錘的重量與行程無關，但實驗的結果發現擺錘愈重愈能克服電磁感應的阻力以及風的阻力，另外，實驗各種條件的感應線圈來製造適當的電磁感應機構以產生電力。最終，照著實驗結果，我們將鐘擺原理應用在海浪發電機上確實能在波動的海浪上擺動並產生電力。

壹、研究動機

電，對我們的生活何等重要，若沒有電將造成許多的不便，也影響工業的發展，因此，人類積極尋找可用的能源以產生電力供人們生活使用，但是，現今人們使用的發電方式常犧牲了地球的環境及生態，因而造成現今環境污染問題日趨嚴重，科學家也積極研究各種低污染的發電方式，希望能替代高污染的能源，就是所謂的「再生能源」，這樣的需求也是我們主要的研究動機之一。

再生能源也稱為「初級能源」〔Primary Energy〕(能源存在於自然界中，不需經過轉換處理，直接可用的能源)，如水能、生物能、太陽能、風能、地熱能和海洋能等，替代高污染的能源，這些能源消耗之後可以恢復補充，較少產生污染（經濟部標準檢驗局，2017）。

從許多的文獻資料得知，常見的再生能源有太陽能、風能、水能，現在已有成熟的技術且運用於實際的發電，但海洋能方面，是全球較少開發的乾淨能源，地球表面有百分之七十一被海洋覆蓋，海浪的密度比風的密度高，所能產生的能源大，所以，是許多科學家研究的議題。風有停止的時候，水有短缺的時候，太陽也常有被雲遮蔽或夜晚之時，但海浪卻日以繼夜的波動，這是永不停止的能源，因此，海洋能是值得投入的研究，亦是我們的研究動機之二。

目前海洋能發電是利用洋流、潮汐及波浪，而發電機若依坐落位置分為陸地式及離岸式；以發電機位置分上浮式及下沉式；若以接觸面（施力面）分為葉片式及浮桶式。先進的國家以英國為最早投入研究的國家，臺灣也有許多機構、大學在研究海浪發電，但仍遇到許多瓶

頸，如發電機的成本高、容易故障、能量轉換低等問題，因此，我們嘗試運用鐘擺原理，設計一組不同的海浪發電機是本研究的動機之三。綜合以上所述，本研究基於人們之電的需求，尋求低污染的發電方式並利用海浪永不停止的特性且結合鐘擺原理製造出一組鐘擺海浪發電機為我們的研究動機。

貳、研究目的

我們想要設計理想的海浪發電機，希望能夠達到成本低、能量轉換高的目標。本研究依據研究主題設計實驗步驟，逐步試驗找出最佳的製作條件及參數，使發電機運作時，能產生最佳的效率。

- 一、探討海浪發電機的形式及製作方法。
- 二、研究並測試鐘擺實驗中，擺長與擺錘重量之關係。
- 三、研究感應線圈為製作最佳的線圈構造及發電能力。
- 四、設計海浪發電機之船身使整體擺動而帶動擺錘（強力磁鐵）擺動產生電力。
- 五、製作可以實際發電的海浪發電機。

參、研究設備及器材

實驗一

- | | |
|-------------------------|----------|
| 1. 擺桿(15cm、20cm 及 25cm) | 4. 電子磅秤 |
| 2. 支架 | 5. 自製角度板 |
| 3. 油土 | 6. 攝影設備 |

實驗二

- | | |
|------------------|----------|
| 1. 木板 | 9. 電鑽 |
| 2. 木條 | 10. 鑽頭 |
| 3. 塑膠浮球(直徑 30cm) | 11. 圓規 |
| 4. 鐵尺 | 12. 電動線鋸 |
| 5. 螺桿 | 13. 鋸子 |
| 6. 油土 | 14. 游標尺 |
| 7. 木製擺桿 | 15. 水槽 |
| 8. 切割砂輪機 | |

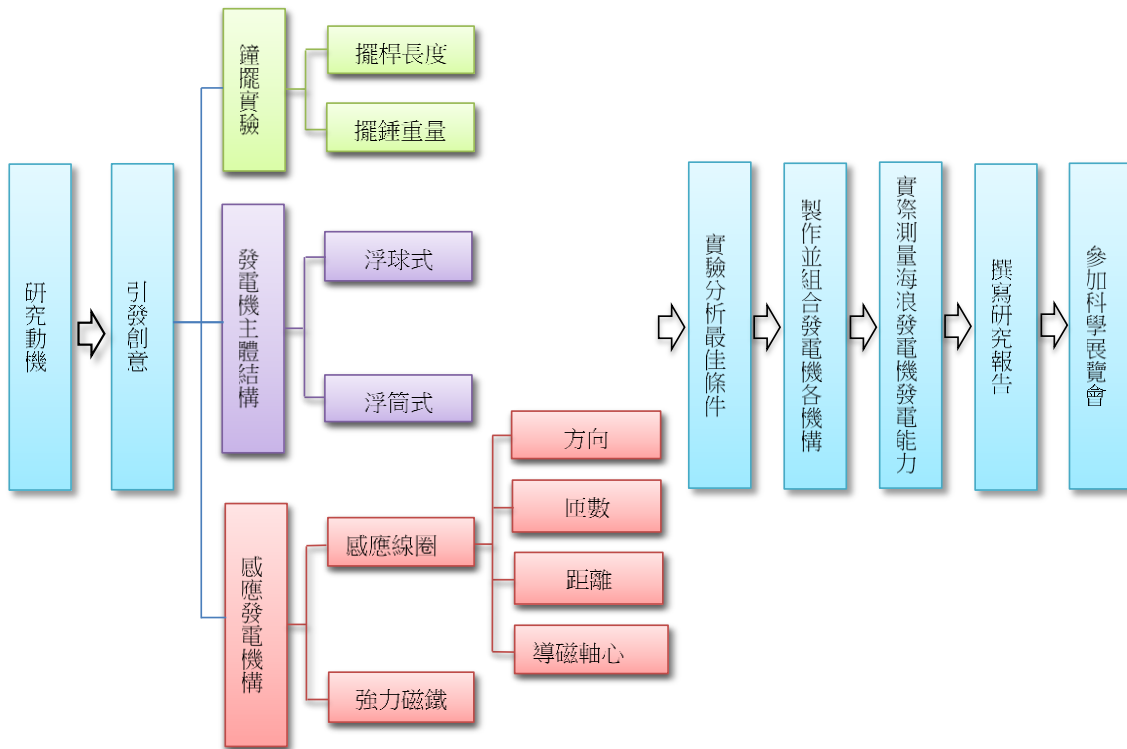
實驗三

1. 木板
2. 木條
3. 塑膠板
4. 強力磁鐵（直徑 1 cm × 高度 2cm）
5. 漆包線
6. 線圈鐵製軸心
7. 軸承(培林)（內徑 7cm）
8. 螺桿（外徑 7cm）
9. 螺絲
10. 華司(墊片)
11. 砂紙
12. 噴漆
13. AB 膠
14. 保麗龍板
15. 鐵尺
16. 圓規
17. 游標尺
18. 圓規
19. 鐵尺
20. 捲尺
21. 角尺
22. 三用電表
23. 電鑽
24. 電子磅秤
25. 鋸子
26. 電鑽
27. 小型鑽床
28. 鑽頭
29. 圓穴鑽頭
30. 電動線鋸
31. 切割砂輪機
32. 水槽

肆、研究過程或方法

利用海浪波動的特性，本研究為得到發電機之最佳產生動力的機構，實驗各種方式並測試機構擺動行程最大的結構為產生最佳的發電能力。本研究有三大主軸，首先，試作鐘擺實驗，為找出最佳的擺桿長度及與擺錘重量之間的關係，接著研究製作發電機主結構，最後研究最佳的發電線圈結構，並做各種測試。研究架構及各實驗過程及方法如下所述：

一、研究架構



二、分析鐘擺機構的擺桿長度及與擺錘重量之關係當作發電機機構之參考 (實驗一)

本測試的目標是找出擺錘（強力磁鐵的接觸面）與感應線圈間最大的總行程及抵抗磁鐵吸力的機構。我們以學校既有設備及材料製作鐘擺機構，並自製角度板，並製作不同長度的擺桿，因考量發電機成品之大小限制，本實驗只測試 15cm、20cm、25cm 之擺長，擺錘重量取 60g、70g、80g、90g、100g 等重量做測試，擺桿的擺動角度取 60 度做測試，並配合攝影機錄下擺動情形，記錄數據再用電腦軟體統計分析，欲得知其間的關係。

(一) 操作順序

1. 取實驗室材料，製作鐘擺支撐架並固定於實驗室桌面。
2. 繪製角度板裝於鐘擺實驗機構，以利讀取擺動的角度。
3. 裝上不同長度的擺桿（15cm、20cm、25cm）。



- 取不同重量的油土（60g、70g、80g、90g、100g）當作擺錘。
- 分別以不同的擺桿長度及擺錘重量實驗並錄影記錄。



- 將錄影紀錄置於電腦中，以慢速播放，記錄每次擺動的角度。
- 以電腦軟體 EXCEL 統計並計算每個實驗的擺動總行程。



L(擺長)cm	次數	單次行程角度	佔圓的比例(等份)	圓周長	行程周長
25	1	120	3.00	157.08	52.360
	2	118	3.05	157.08	51.487
	3	114	3.16	157.08	49.742
W(擺錘重)g	4	110	3.27	157.08	47.997
	5	108	3.33	157.08	47.124
	6	106	3.40	157.08	46.251
60	7	104	3.46	157.08	45.379
	8	102	3.53	157.08	44.506
	9	100	3.60	157.08	43.633

- 欲分析鐘擺機構之擺桿長度與擺錘重量之間的關係。
- 欲分析最能產生最佳行程及抵抗磁鐵吸力的機構做為發電機機構之參考。
- 以公式計算擺錘的行程為選擇最佳的擺長及擺錘重量。

三、運用鐘擺機構，設計鐘擺式海浪發電機機構（實驗二）

我們查閱網路資料及生活中所觀察，知道能連續搖擺的物體如不倒翁及時鐘的擺錘等，因此，實驗運用鐘擺原理設計鐘擺式海浪發電機。

（一）浮球式擺動機構

研究利用 30cm 直徑大小的漁網用浮球作為實驗材料，並依據實驗一的分析，裝上最佳長度的擺桿，重量以較重者為佳。並將擺桿及擺錘自製擺桿及利用油土作為擺錘以測試整體擺動的情況，

1. 操作順序

- (1) 取 30cm 浮球，利用切割砂輪機從中間切成二個部分。
- (2) 取 9mm 三夾板，利用線鋸機鋸一塊半徑 30cm 的木板當作底座。



- (3) 使用木條製作搖擺機構的支撐架，並以螺絲鎖緊。



- (4) 使用電鑽於支架頂端鑽孔，以利穿入軸心。
- (5) 以木條製作擺桿，裝於支架上的軸心。
- (6) 取不同重量之油土黏於浮球內部之底部中心位置，鎖上圓形木板底座，於水槽中測試是否平衡。



- (7) 鎖上支撐架，測試不同高度的支架的擺動情形。
- (8) 改變擺錘（以油土試驗）重量，測試擺動情形。



(二) 浮筒式擺動機構

針對浮球實驗的優點，團隊再次討論將浮球改為浮筒，而擺動機構方面，我們想到遊樂園的搖擺式的海盜船原理，並參考課本所學之電磁原理，配合使用強力磁鐵及線圈，製作鐘擺式發電機，試求更佳的效果。

1.操作順序

- (1) 取木板並利用鋸子製作矩形底座，並繪製中心位置及機構放置。
- (2) 取木條並依據實驗一的支架高度製作發電機的支架並鑽孔以固定擺桿軸心。



- (3) 取木板並使用圓規繪圖，根據擺長做為半徑，繪製擺桿（含強力磁鐵座），再使用線鋸機鋸下擺桿的外型以及擺桿軸心支撐座以利安裝軸承。



- (4) 使用電鑽將擺桿上端鑽一個中心孔，以利軸心安裝。
- (5) 取木板繪製二組發電機線圈的基座座，半徑同擺桿長度，並用線鋸機鋸下外型。



(6) 使用砂輪機及砂紙研磨擺線圈的基座的表面。

(7) 使用 AB 膠黏合擺桿及軸承和支撐座並組合擺動機構的底座、支撐架、擺桿及感應線圈基座。



(8) 安裝強力磁鐵並將發電機主體噴漆保護。



(9) 使用保麗龍及塑膠板製作一組浮筒並組合發電機主體。

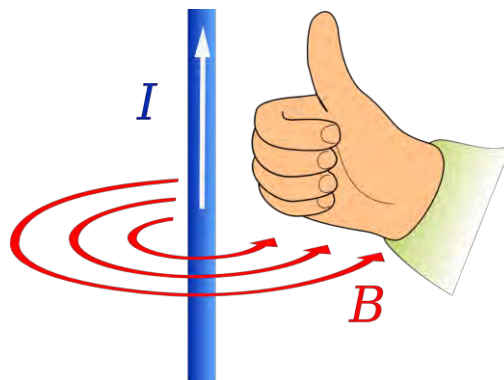
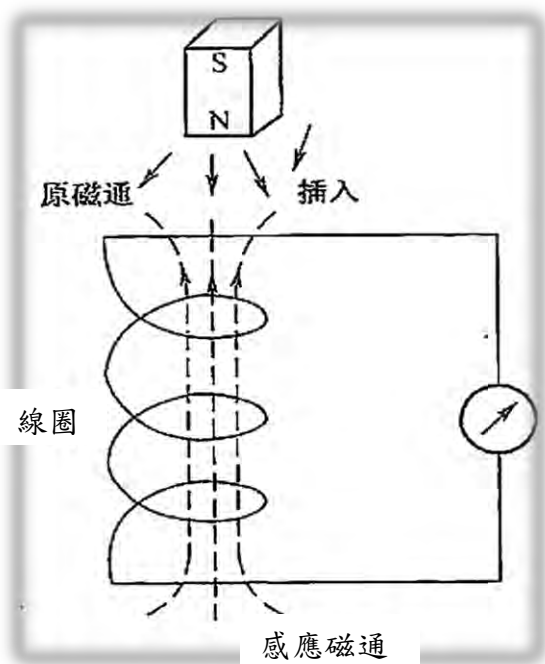


四、研製並測試發電效果較佳的發電機感應線圈

實驗為擺動機構，強力磁鐵與線圈之鐵製軸心之間有吸引之力，因此，必須反覆實驗找出最佳的條件，如最佳的距離、軸心的大小、擺錘的重量等，以使發電的擺動機構既能順利擺動而不被磁力吸住而停止，又要能夠產生電力，是我們研究的目標。

實驗先以所查文獻資料做為參考，即感應線圈的匝數越多、鐵製軸心越大以及與磁鐵間的距離愈近，其發電效果愈佳，根據此觀念實驗，配合本實驗實驗要求，製作不同形式的感應線圈並做測試，試求最佳的發電效果。

就磁鐵與感應線圈安裝方式，參考安培右手定則將右手的大拇指指向電流方向，再將其它四根手指握緊電線，則彎曲的方向決定磁場的方向。為使電流與拇指方向相同而與磁鐵 N 極感應，線圈之纏繞方向與四隻手指方向相同，尤其在各感應線圈串聯時，方向需要一致，亦即，若定磁鐵的 N 極向下，感應線圈的纏繞方式為逆時鐘，電流方向向上。



1.操作順序

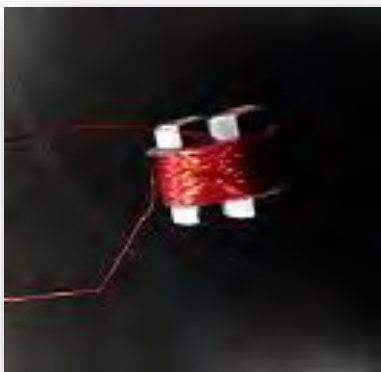
(1) 使用不同的材料製作不同型式的感應線圈軸心，手工配合自製捲線機纏繞漆包線於軸心上製作感應線圈。



(2) 使用漆包線，以不同匝數纏繞線圈軸心。

線圈一: 以雙螺桿作為感應線圈的軸心

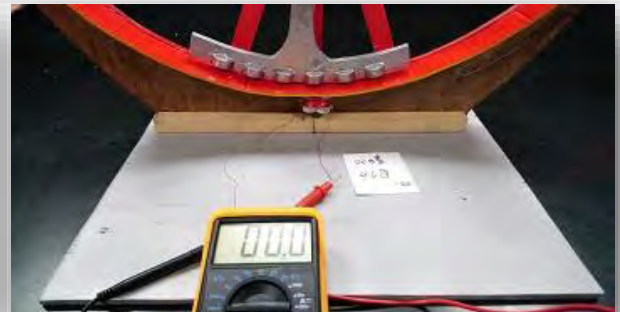
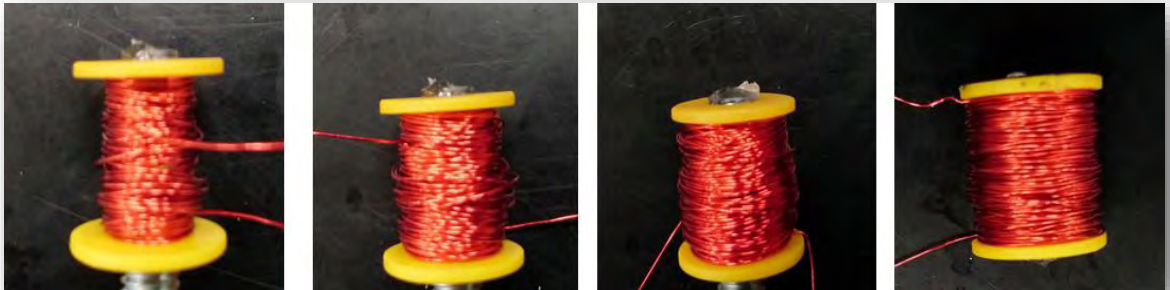
- 以二個雙螺桿做為軸心，纏繞漆包線，匝數 **100 匝** 並將感應線圈安裝於發電機之擺動機構上，使用砂紙將漆包線兩端研磨至露出銅線部分，測試電壓為多少毫伏(mv)。
- 分別纏繞感應線圈匝數為 **180 匝** 及 **260 匝** 再做測試。



- c. 比較感應線圈 100 匝、180 匝及 260 匝所產生的電壓做比較並選擇最佳的感應線圈匝數。

線圈二：以單螺桿作為感應線圈的軸心

- a. 分別纏繞感應線圈匝數為 130 匝、250 匝、350 匝及 450 匝，並裝於發電機之擺動機構上測試。



- b. 選擇最佳的感應線圈軸心型式及纏繞匝數。

- c. 使用等長的漆包線並使用電鑽製作線圈纏繞機，製作 12 個感應線圈。



- (3) 將整組感應線圈安裝於發電機之擺動機構上測試。

- (4) 為求較高的電壓，將線圈做串聯組合。



伍、研究結果

一、鐘擺原理測試

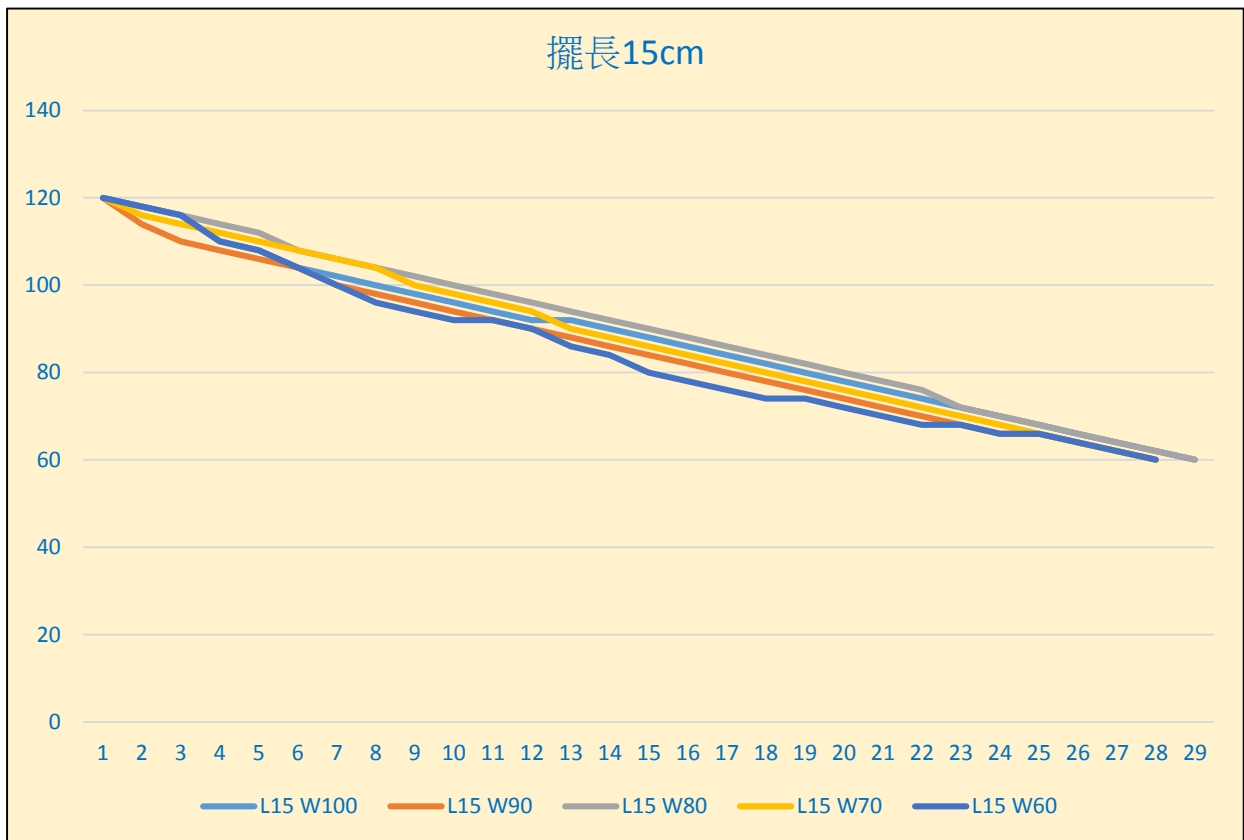
本實驗為求強力磁鐵與感應線圈之間的最大行程(單位:公分)，計算方式下:

$$\text{擺錘單次行程} = \frac{\text{圓周長}}{360 \text{ 度}} \times \text{擺角}$$

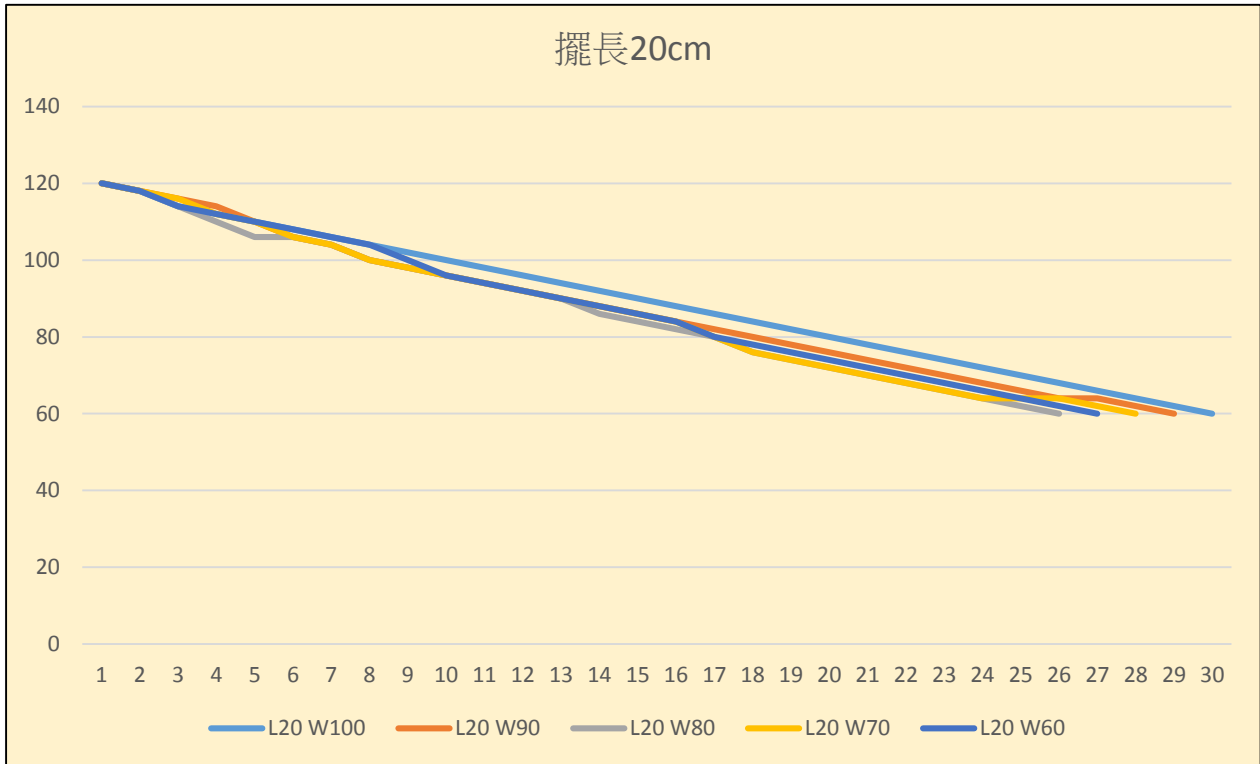
(一)實驗結果

根據不同的擺長及擺錘重量測試結果以電腦軟體 EXCEL 統計及計算各實驗的擺動次數及擺動總行程，結果如下:

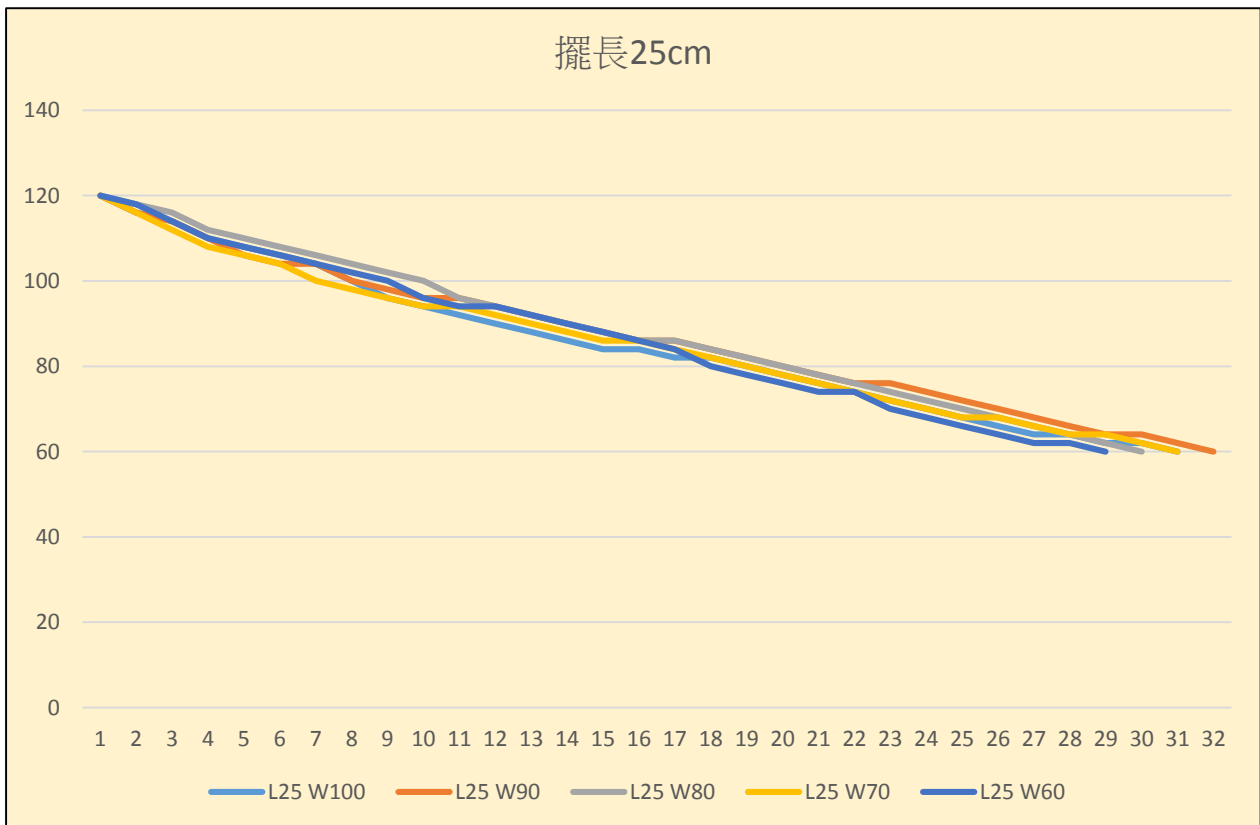
1. 以擺桿長度(L) 15cm、擺錘重(W) 60g、70g、80g、90g 及 100g 實驗結果如下



2. 以擺桿長度(L) **20cm**、擺錘重(W) **60g**、**70g**、**80g**、**90g** 及 **100g** 實驗結果:



3. 以擺桿長度(L) **25cm**、擺錘重(W) **60g**、**70g**、**80g**、**90g** 及 **100g** 實驗結果:

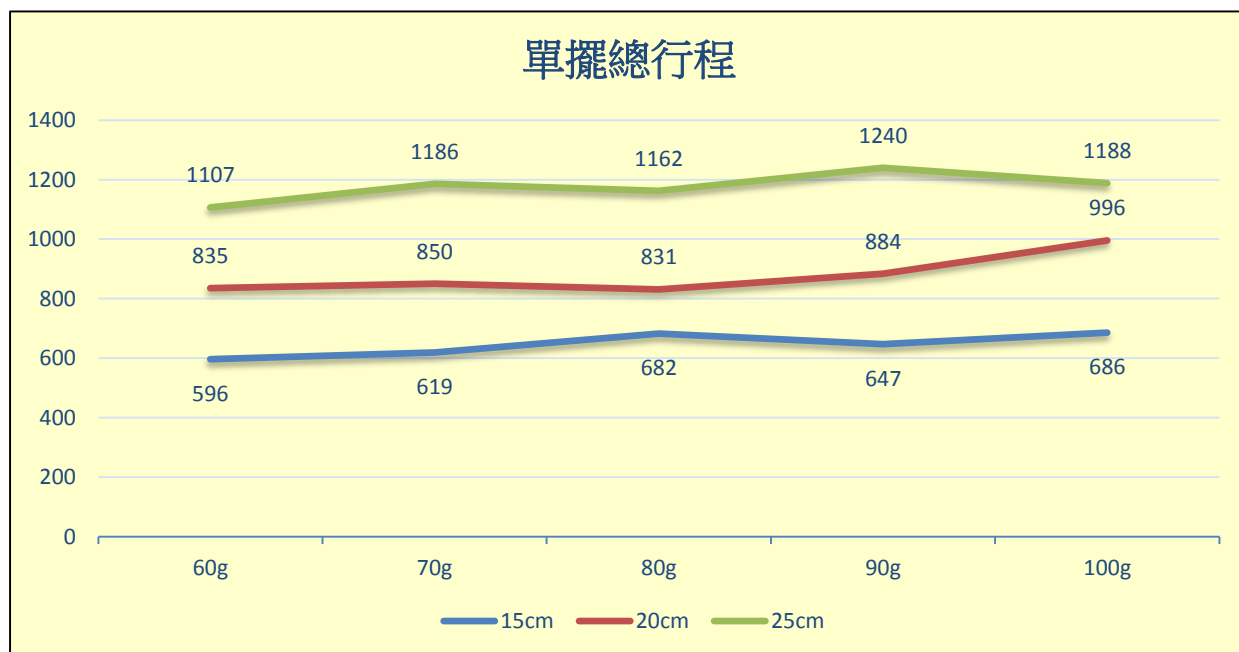


4. 單擺實驗總行程統計:

a. 各單擺總行程統計如下表格:

擺長 擺垂重	15cm		20cm		25cm	
	總行程(cm)	擺動次數	總行程(cm)	擺動次數	總行程(cm)	擺動次數
60g	596	27	835	27	1107	29
70g	619	27	850	28	1186	32
80g	682	29	831	26	1162	30
90g	647	29	884	29	1240	33
100g	686	30	996	31	1188	32
平均	646	28.4	879.2	28.2	1176.6	31.2

b. 各單擺總行程統計圖如下:



根據以上之統計數據及統計圖表，得知 25cm 之擺長所得的擺動行程較其他擺長 (20cm 及 15cm) 佳，因此，研究選擇 25cm 之擺長作為鐘擺式發電機之擺長。

二、感應線圈發電能力（電壓）結果

取單個線圈並以不同的軸心（單軸心及雙軸心）及電壓的匝數，測試其所產生的電壓，實驗結果如下：

（一）線圈一（雙軸心）

雙螺桿感應線圈			
電壓 \ 匝數	100匝	180匝	260匝
電壓 (mv)	Max 19	Max 32	Max 39

（二）線圈一（單軸心）

單螺桿感應線圈				
電壓 \ 匝數	130匝	250匝	350匝	450匝
電壓 (mv)	Max 14	Max 25	Max 28	Max 42

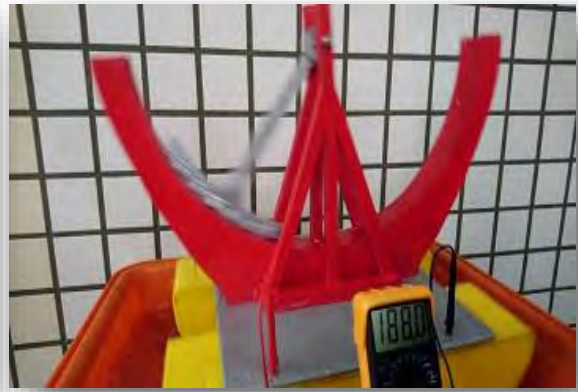
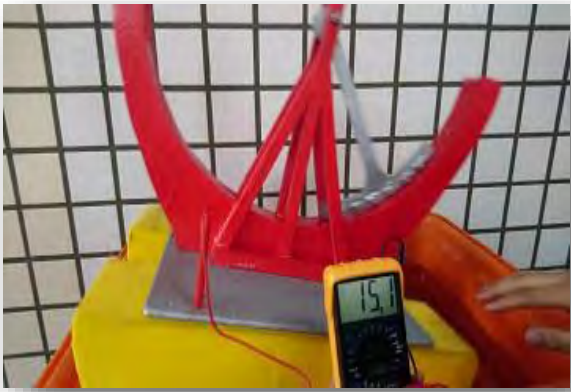
根據以上結果，本實驗採用單軸心並繞 450 匝漆包線來製作感應線圈。

三、浮球式海浪發電機實驗結果

本研究初步實驗以浮球式機構設計發電機機構，其優點為構造簡單，但缺點是擺動情況不穩定，擺動的次數不佳，因此，保留鐘擺原理但另設計發電機整體的機構。

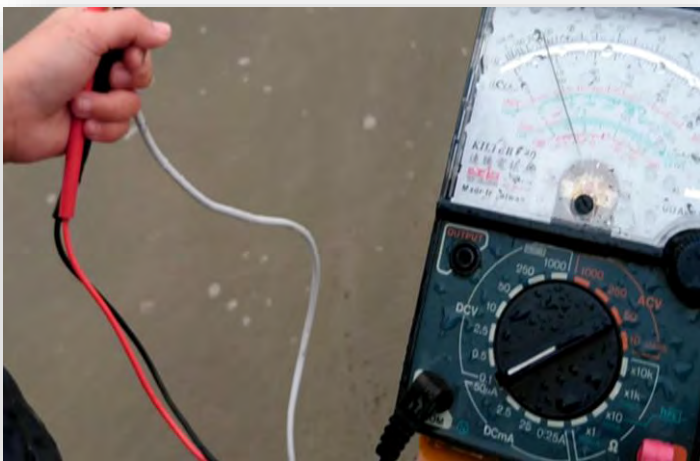
四、浮筒式海浪發電機於水槽實驗結果

將整組發電機置於實驗水槽測試，看其擺動情形，結果如研究所期待的，發電機組能隨著水波擺動，擺錘亦能正常擺動而發電，因波動大小的不同，如下圖所示，測試到最大電壓為 188mv (發電機內部有 12 個感應線圈，外部擺錘有 6 個強力磁鐵)。



五、浮筒式海浪發電機海邊實地測試結果

將整組海浪式發電機載至永安漁港測試，結果按著浪高而產生不同的電壓，電壓最大達到 150 mv 左右。試驗過程發現，海浪發電機船身必須固定一個方向即船頭面對海浪衝擊的方向，不然會有擺動失效或翻覆的問題。



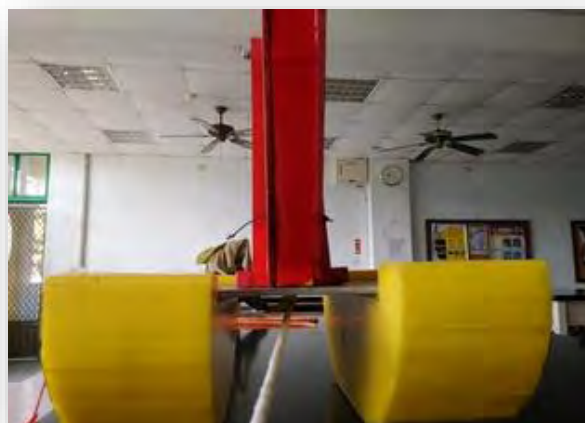
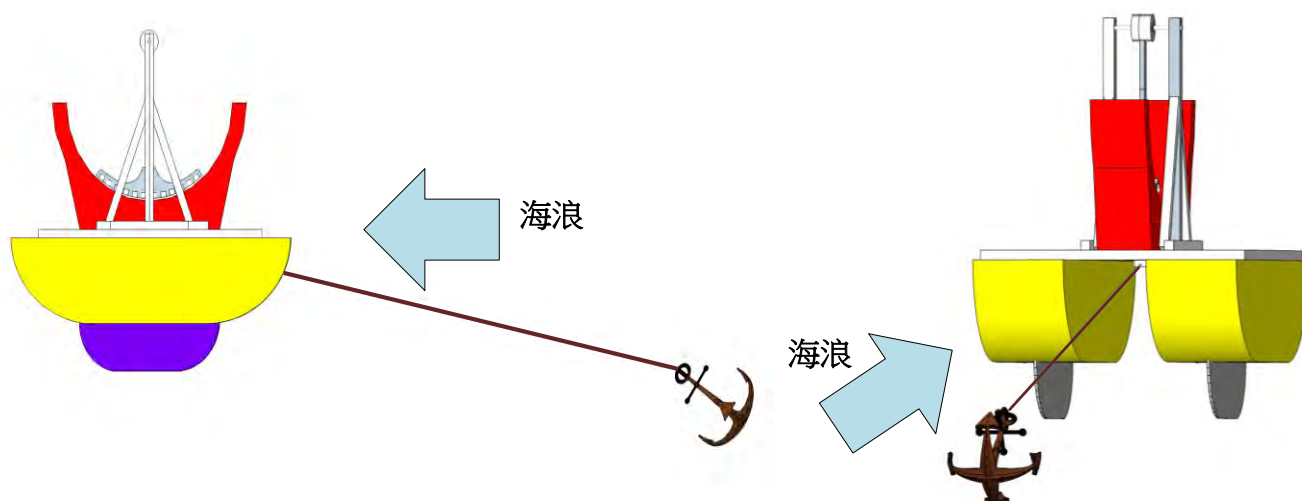
PS:實驗測試影片網址: 及 QR Code 如下:

<https://www.youtube.com/watch?v=gRKbXrPlqKI>



六、根據海邊實測結果的缺失，再次修改海浪發電機的結構

為了改善海上測試的缺失，再次修改海浪發電機的結構以及維持船身方向的方式。我們在船底加裝二片方向舵，並用繩索分別繫住船身及沉底的錨，以維持船身與海浪衝擊方向相同，另外，修改船身讓發電機基座降低 3cm 為降低中心而不易翻覆，也確保發電機擺動機構能順利運作。



本研究將修改後的發電機帶至到海邊進行第二次實地測試，我們使用繩索，一端固定海浪發電機，一端綁在重物上（石頭）並丟入海中，於海邊測試結果如預期，即發電機受繩索牽引並受船舵引導，船身能夠向著海浪方向擺動。實驗過程發現：

1. 船舵須配合船身大小設計，本次實驗發現，增大船舵將增加船身的穩定度。
2. 實驗過程適逢強風，風的推力會影響發電機船身的方向，因此，發電機的船身設計應往低風阻方向設計。



陸、討論

一、鐘擺實驗-擺長與擺重的關係

根據實驗數據及使用公式計算統計的結果，在相同擺長的情況下，擺錘擺動的次數及擺動的總行程都很接近，因實驗設備精密度不像研究單位的設備精密，且在實驗過程中相關的控制變項有所誤差，若忽略實驗設備及其他的誤差，可以說，在相同的擺長下，擺錘的重量並不會影響擺動的行程，這與我們所查的文獻結果相符合。就擺長而言，數據顯示，愈長的擺桿愈能產生較佳的擺動行程，例如擺長 25cm 的總行程 (平均 1176cm) 大於 20cm 的總行程 (平均 879cm) 及 15cm 的總行程 (平均 646cm)。

綜合上所述，鐘擺長度愈長所到的總行程愈長，為本研究所要的結果，但擺重與行程無關（忽略實驗器材的精度及操作的誤差），但基於實際考量，發電機擺錘（強力磁鐵）需抵抗與鐵製軸心的吸力，仍以較重的擺錘為考量。

二、感應線圈設計與考量

實驗結果顯示感應線圈的鐵製軸心愈大，產生的電壓愈高，與文獻資料相符，但實驗發現，雙軸心與強力磁鐵之間的吸力太大，會影響擺動，因此，本研究欲採用單軸心方式。另外，線圈之匝數愈多，產生的電壓愈高，因此，本研究採用與文獻相符，但考量實際發電機擺錘（強力磁鐵）需抵抗磁鐵的吸力，仍以較重的擺錘為考量，採用大於 100g 的擺錘。

三、浮球式發電機機構測試

浮球式發電機機構其優點為構造簡單，但缺點是擺動情況不穩定，擺動的次數不佳，因此，保留鐘擺原理但另設計發電機整體的機構。

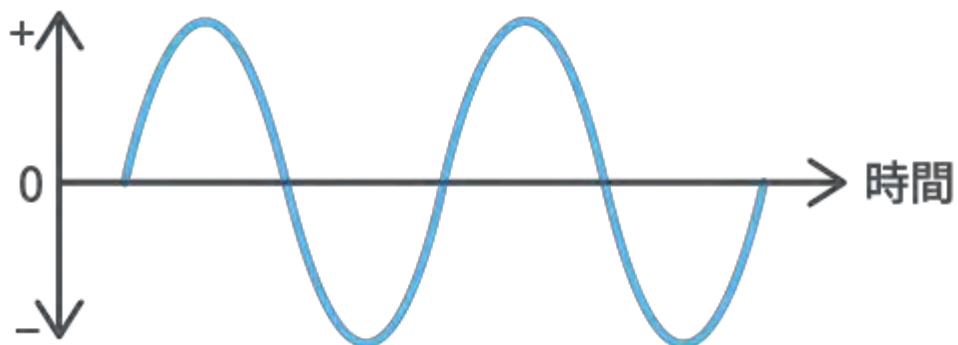
四、浮筒式發電機機構測試

浮筒式發電機機構雖構造較複雜、組裝精密動較高且製造較困難，但擺錘（強力磁鐵）擺動的情況較佳，得到的感應行程較長，因而發電能力較佳，故本實驗採用浮筒式結構來承載發電機主體。

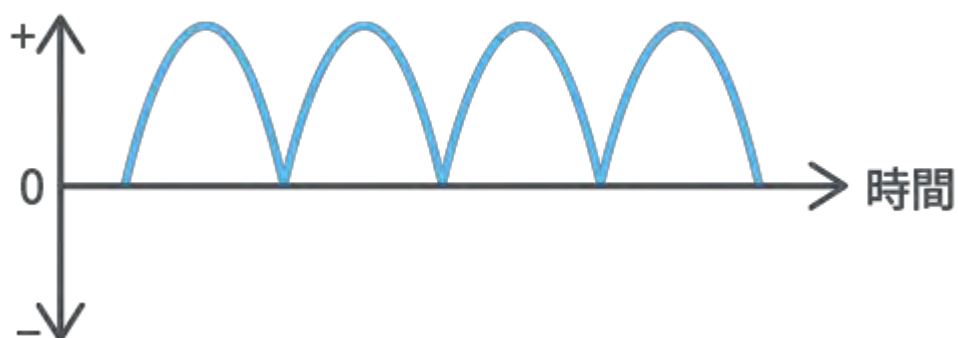
因時間、人力及設備的限制，本實驗以將中擺機構運用於海浪發電為研究訴求，後續實驗可再深入研究感應發電機構的改良以增加發電效率，或者加大發電機主體結構以得到更大的發電量。在發電機機構方面，亦可改由擺動軸心藉著鍊條或皮帶連接適當的市售發電機直接輸出電力，所以，利用鐘擺機構於海上的擺動所產生的動力帶動發電機產生電力，是可行的，亦是本研究的研究主軸及目的。

五、依據設備需求，可改善發電機輸出交流電 (AC)轉換成直流電 (DC)之方式 (依需求改變，本研究未來研究參考)

1. AC 是 Alternating Current (交流) 的縮寫。AC 是一種其大小和極性與時間一起做周期性變化的電流。

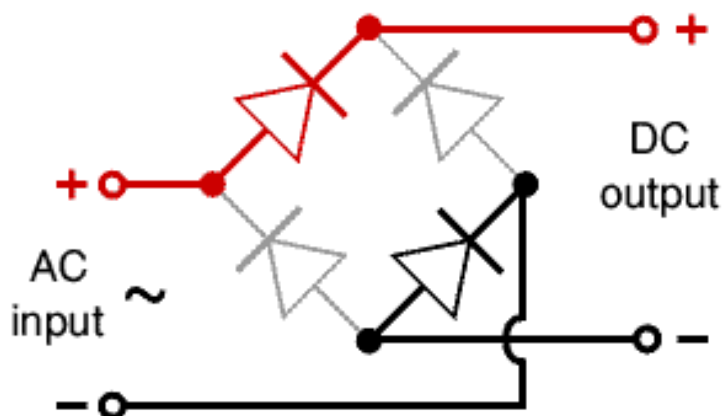


2. DC 是 Direct Current (直流) 的縮寫。DC 是一種流動之極性 (方向) 不會與時間一起變化的電流。



3. 將交流電 (AC) 轉成 直流電 (DC)的電路

可利用橋式整流電路將交流電轉成直流電。原理是利用四個二極體的組合。它利用二極體的單嚮導通性進行整流，常用來將交流電轉變為直流電。橋式整流器但路如下所示:



4. 鐘擺式海浪發電機所產生的電壓較小，可利用市售之升壓電路將其升壓，但須配有儲電裝置才能升壓。

六、船式鐘擺式海浪發電機的應用

1. 本研究之船型海浪發電機為原型概念機，可應用於離岸之近海區域，並有適當浪高的海域，如臺灣之東部海岸，有足夠的海浪推力使發電機發電。
2. 海浪發電機所發的電需藉海底電纜傳回岸上之發電廠。
3. 遇到惡劣氣候需收回港口安全處停放，以免損壞。
4. 海浪發電機置放於近海需要塗有顯目的顏色且夜間需有警示燈，以防船隻誤撞，造成損壞。

七、未來研究可進一步改良成多方向 (360 度) 擺動發電之結構，拓展應用於能源採集等

1. 典型的能量採集系統是一種免費能源，是連接在某個振動源上的壓電換能器。這些小型壓電元件能夠把很小的振動轉換為電能。電能隨後由電路轉換為一種可用的形式，經過有效的能量管理與儲存，便可供電給下游系統或電路。

2. 能源採集是指從環境中的光、熱及振動獲取微小電力的技術。在生活上的小型發電應用就有太陽能計算機、手搖式發電手電筒等產品，就是利用能量採集的方式來自我供電，這些微型發電技術的設計目的，就是希望未來能用來取代各種裝置內部的電池，以減少外部電力需求與電池對環境的污染。

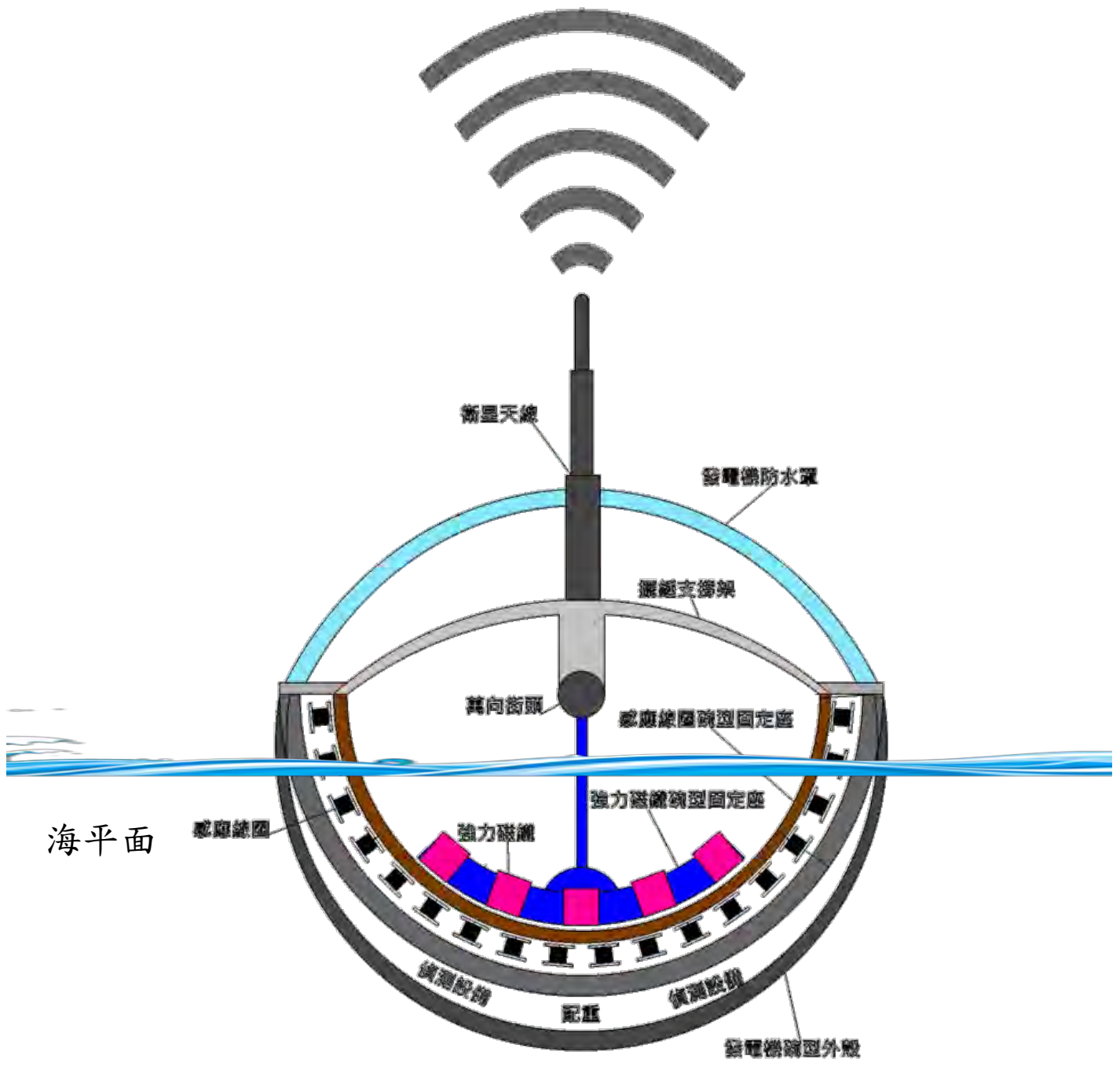
3. 本研究之海浪發電機基本上是應用在海上的設備，裝置所需的偵測器，運用在海上資訊的收集、警示設備、聲納設備、探測設備、觀測設備等。設備本身可自我發電，不分晝夜持續供電，甚至不需要電池(電池有使用壽命)，如此可以長年使用，不須太多的維護。運作中可藉著發射功能將訊息傳到衛星在傳回收訊中心儲存資料。發電機整體需受保護，並具有防水功能以保護線路以及在惡劣環境中不至於損壞。

4. 海上資訊收集如海象資訊蒐集、海水溫度等各種海上或海底資訊的蒐集。警示設備如海上警示燈，防止誤撞海上其他設備，或引導船隻的功能。觀測設備如蒐集音訊或視訊，做為海防或軍事蒐集相關海上相關資訊。

5. 本研究構想之多方位擺動發電機結構如以下示意圖 (後續研究)。

6. 本球形發電機參考不倒翁原理，於底部加以配重，使其擺動而不至於翻覆。

7. 發電結構仍依循本研究之鐘擺原理，但是擺動方向可 360 度，船身為球形結構。
8. 發電機內部之底部可裝置偵測設備。



柒、結論

- 一、根據鐘擺實驗發現，擺長愈長有助於增加擺動的行程，對於發電效果有益，而擺錘重量方面，基於擺錘抵抗磁鐵的吸力考量，我們選擇較重的擺錘。
- 二、感應線圈的實驗結果顯示，線圈的軸心直徑愈大，發電效果愈好，但由於考量強力磁鐵對軸心的電磁吸力，研究採用直徑 7mm 的螺桿作為感應線圈的軸心。
- 三、由於實驗的限制，發電機的體積不能過大，若實際運用時，可加大整體的結構，其發電量必能增大至生活需求的電壓及電流。
- 四、本發電機之擺動機構之擺動速度雖慢，產生的電力較弱，但海浪造成機構擺動的動能很大，若在感應發電的部分增加其感應效能，將會產生更強的電力，或者，自擺動機構軸心裝設皮帶輪或鍊條齒輪，並連接市售制式發電機，亦是將來研究的方向。
- 五、實際應用的海浪發電機需要有良好的防水功能，材質以不銹鋼作為主體的結構，並且需加強電機及電控設備的保護，以防海水之鹽分及水分的侵蝕。
- 六、發電機主體需在不影響擺動的情況下固定於特定區域以防主體飄走。
- 七、船身加裝船舵與海浪波動方向平行，擺動才能順利。
- 八、發電機之強力磁鐵及感應線圈的構造方面，可再研究更高效率的結構，以產生最佳的發電能力。
- 九、本實驗之船型海浪發電機可應用於近海區域，並將所發的電藉著海底電纜傳送至岸上之電廠。
- 十、未來研究多方向擺動發電 (360度) 的海浪發電機，研究假設可以應用於能量採集機構。

捌、參考資料

1. 國小自然與生活科技課本第七冊 (2018)。電磁作用，88-91。台南市：翰林出版。
2. 中華民國第 53 屆中小學科展國小組生活應用科學科 (2013)。超級發電王～設計一款實用的綠能發電設備，6-7。取自：
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080808.pdf>
3. 中華民國第 57 屆中小學科展國中組生活應用科學科 (2017)。風力罩得住酷旋發電機。19-22。取自：
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/030812.pdf>
4. 維基百科 (2019)。右手定則。取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B3%E6%89%8B%E5%AE%9A%E5%89%87>

5. 工控自動化聯盟（2018）。感應和相互作用定律。取自：
<https://kknews.cc/science/5olx528.html>
6. 王岫晨（2018）。運用微弱電力 免維護型裝置成長力道強勁。取自：
<http://www.ctimes.com.tw/DispNews/tw/%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%8E%A1%E9%9B%86/Energy-Harvesting/1007291822F7.shtml>
7. 能量採集技術簡介及發展現況（2015）。取自：
https://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?cnlid=13&packageid=10063&id=0000455753_ves6n9gj64z48a2371vio&cat=65&ct=1
8. 鄭建民、陳美利（2018）。振動能源及採集技術。科學發展。549，63-66。
9. 整流橋—橋式整流工作原理（2015）。取自：
<https://kknews.cc/zh-tw/tech/e4km4.html>
10. 何謂DC/DC轉換器？（2016）。取自：
https://www.rohm.com.tw/electronics-basics/dc-dc-converters/dcdc_what2

【評語】 082803

1. 作者以海浪與潮流發電為研究動機，結合鐘擺及電磁原理設計一組鐘擺式海浪發電機，利用海浪的波動促進鐘擺擺動，造成電磁感應以產生電力，雖然構造簡單，類似海盜船設計明顯不同於過去其他海浪發電作品的架構，相當有趣。
2. 感應線圈圈數與鐘擺重量與長度有經過實驗比較，研究過程與報告相當完整，但是擺錘重量因為對象是海水的阻力，所以會有阻尼影響擺動頻率的問題出現，所以擺錘重量也是變因之一。
3. 海浪的方向性是最需要克服的問題，若能有自動調整的設計會是較為驚豔的作品。

壹、研究動機

電對我們的生活何等重要，若沒有電，將造成許多的不便，也影響工業的發展，因此，人類積極尋找可用的**能源**以產生電力供人們使用，但是，現今許多的發電方式常造成**環境污染**而犧牲了地球的環境及生態，因此，科學家也積極研究各種**低汙染**的發電方式，希望能替代高汙染的能源，就是所謂的「**再生能源**」，這樣的需求也是我們主要的研究動機之一。

從許多的文獻資料得知，常見的再生能源有**風力**、**水力**及**太陽能**，現在已有相當成熟的技術，但**海洋能**方面，是全球較少開發的**乾淨能源**，海水的密度高，所能產生的力量大，且是永不停止的能源，所以，海洋能是**值得投入**的研究，亦是我們的研究動機之二。

就**海洋能發電**方面，先進的國家以英國為最早投入**研究**，臺灣也有許多機構、大學進行研究，但仍遇到許多瓶頸，如發電機的**成本高**、**容易故障**、**能量轉換低**等問題，因此，我們運用**鐘擺原理**設計一組海浪發電機是本研究的動機之三。

貳、研究目的

我們想要設計理想的海浪發電機，希望能夠達到**低汙染**、**成本低**、**能量轉換高**的目標。本研究依據研究主題設計實驗步驟，逐步試驗找出最佳的製作條件及參數，希望發電機能產生最佳的效率。

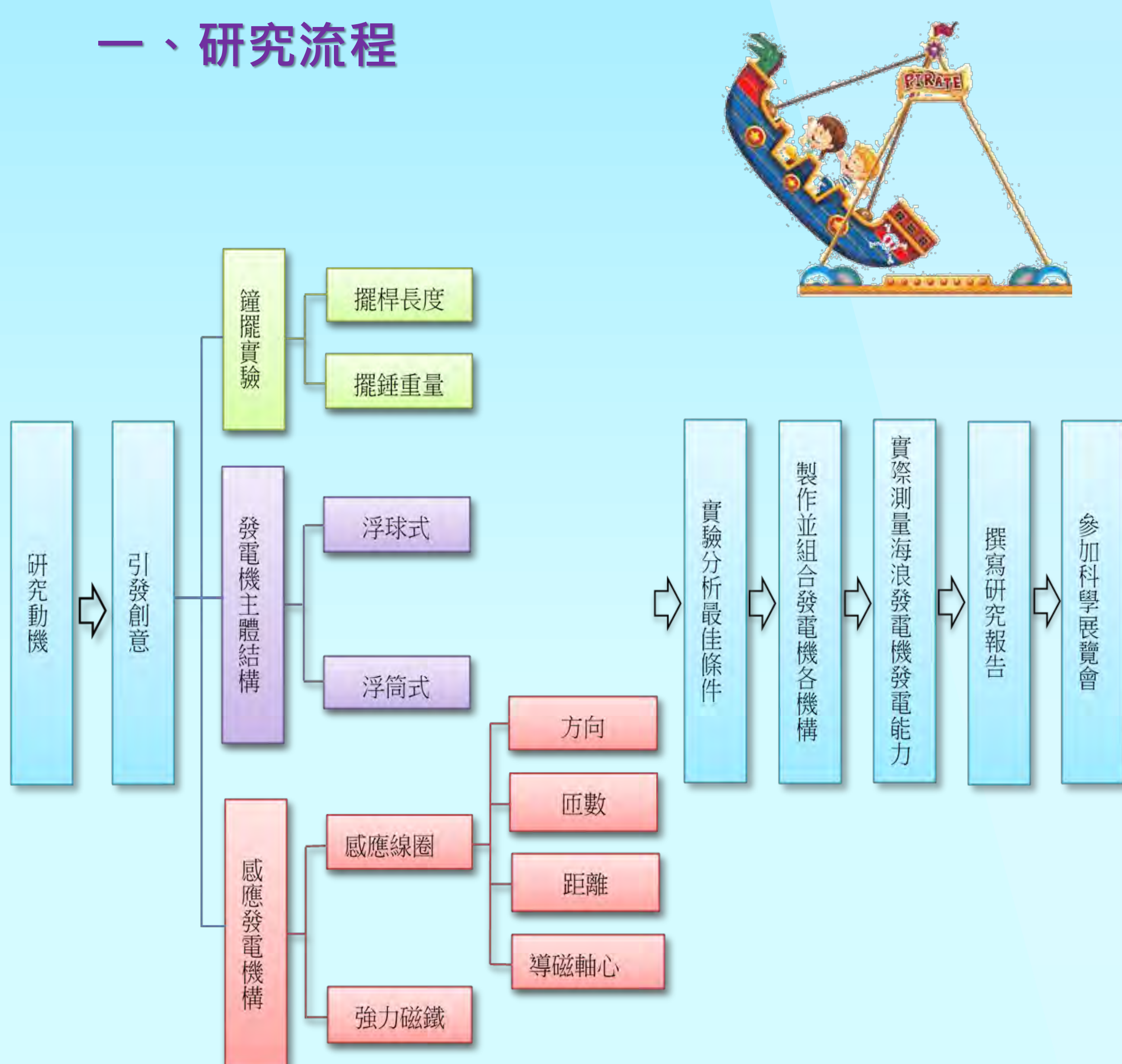
- 一、研究**鐘擺式海浪發電機**的形式及製作方法。
- 二、研究並測試**鐘擺實驗**中，擺桿長度、擺錘重量與擺動行程之關係。
- 三、研究最佳的**感應線圈**構造及發電能力。
- 四、設計**海浪發電機之船身**使整體擺動而帶動擺錘（強力磁鐵）擺動產生電力。
- 五、製作可以**實際發電**的鐘擺式海浪發電機。

參、研究設備及器材

三用電表、電子磅秤、電鑽、線鋸、切割砂輪機、小型鑽床、熱熔膠槍、游標尺、角尺、製圖用具、自製量角板、單擺器材、攝影設備、水槽等。

肆、研究過程或方法

一、研究流程



二、實驗並分析鐘擺機構的擺桿長度、擺錘重量與擺動行程之關係

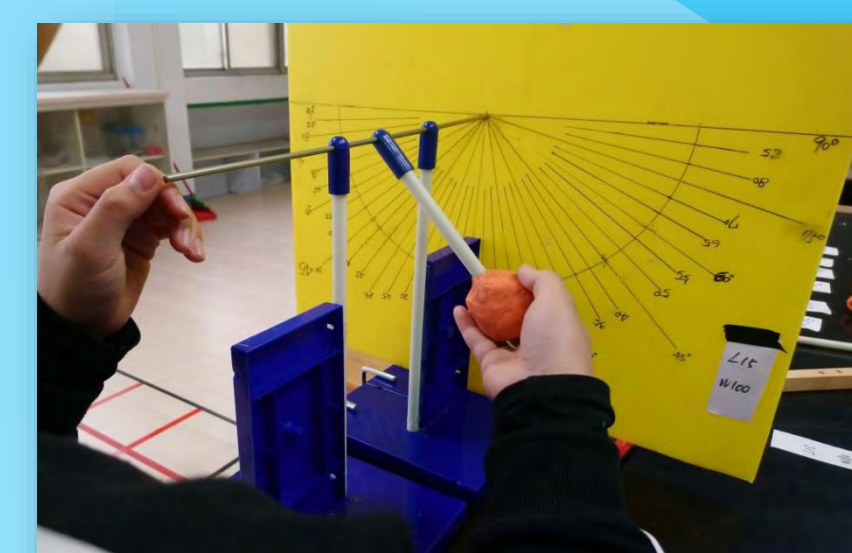
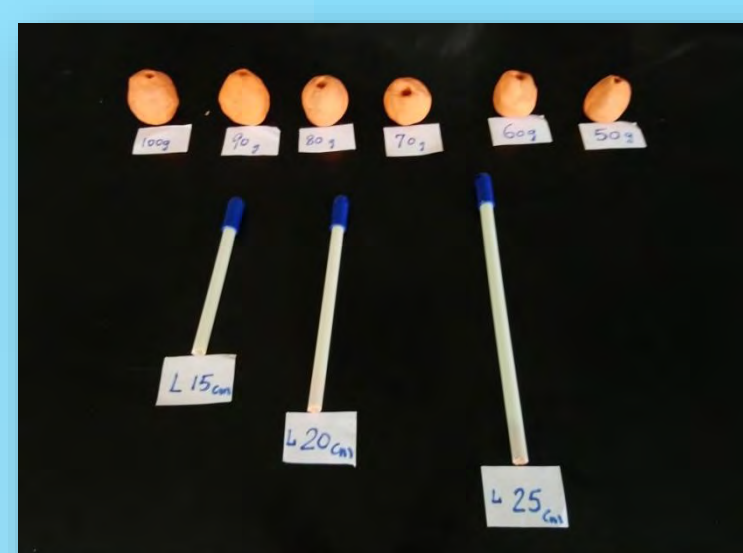
以學校既有設備及材料製作**鐘擺機構**，並以**15cm**、**20cm**、**25cm**做為**擺桿長度**，而**擺錘重量**取**60g**、**70g**、**80g**、**90g**、**100g**做測試，記錄擺動的角度從**120度**至**60度**，並**錄影記錄**擺動的數據，再用電腦軟體統計分析，欲得知其與**擺動行程**之間的關係。

(一) 操作順序

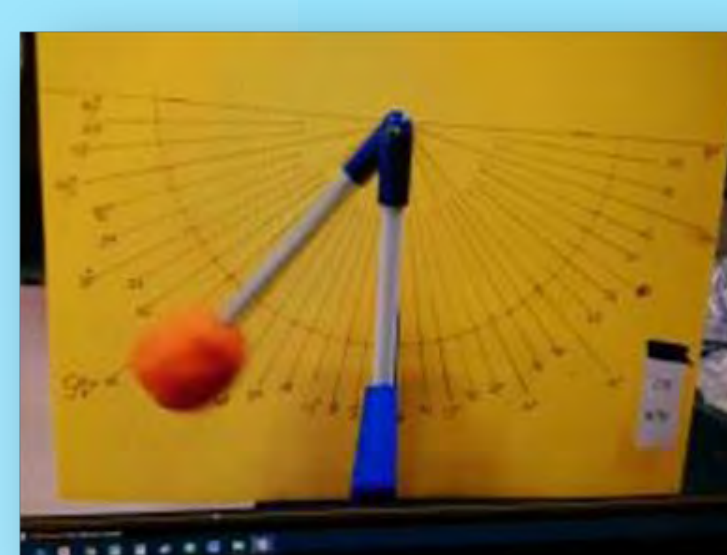
1. 取實驗室材料，製作鐘擺**支撐架**並繪製**角度板**裝於鐘擺實驗機構，以利讀取擺動的角度。



2. 裝上不同長度的**擺桿**，並取不同重量的**油土**當作**擺錘**。



3. 播放錄影檔案並記錄每次**擺動的角度**並以電腦軟體EXCEL統計並計算每個實驗的**擺動總行程**。



L(擺長)cm	次數	單次行程角度	估測的比例(等份)	圓周長	行程周長
25	1	120	3.00	157.08	52.360
	2	118	3.05	157.08	51.487
	3	114	3.16	157.08	49.742
	4	110	3.27	157.08	47.997
	5	108	3.33	157.08	47.124
60	6	106	3.40	157.08	46.251
	7	104	3.46	157.08	45.379
	8	102	3.53	157.08	44.506
	9	100	3.60	157.08	43.633

4. 欲分析鐘擺機構之**擺桿長度**與**擺錘重量**之間的關係及分析最能產生**最佳行程**做為設計發電機機構之參考。

三、運用鐘擺原理設計海浪發電機機構

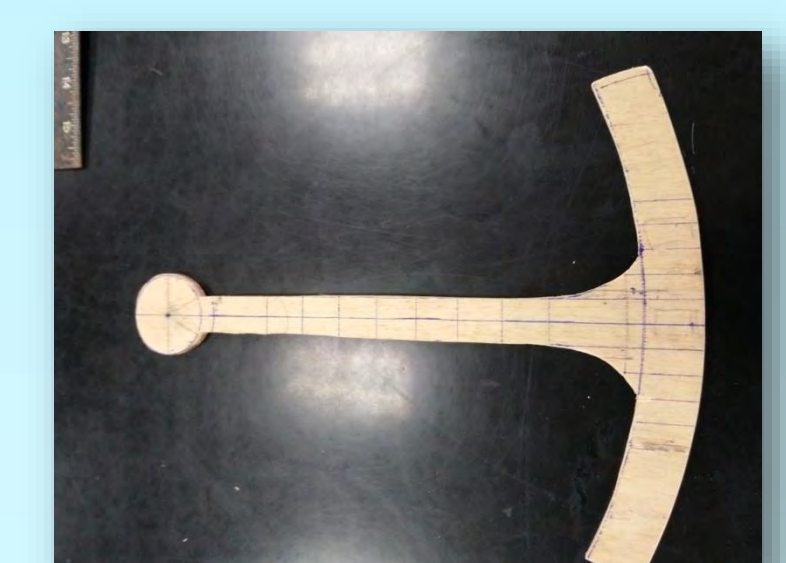
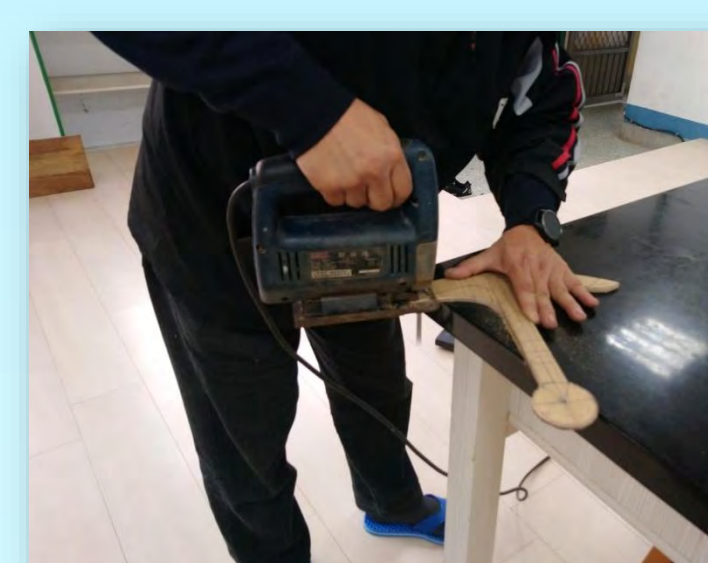
運用**鐘擺原理**並參考課本所學之**電磁原理**，配合使用強力磁鐵及線圈，製作發電機機構。

(一) 操作順序

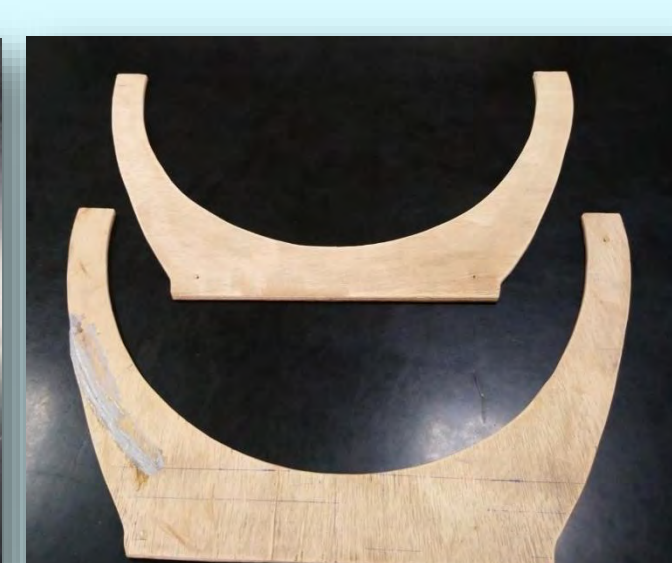
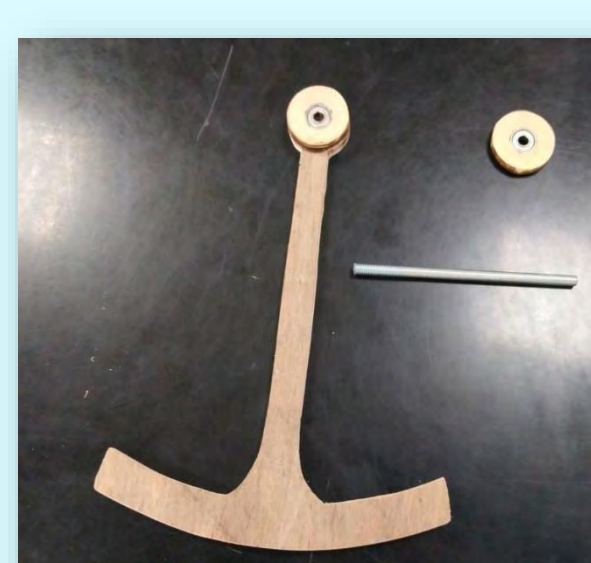
1. 取木板製作矩形**底座**並用木條製作發電機的**支架**並鑽孔。



2. 取木板並使用圓規繪圖，根據擺長作為半徑，繪製**擺桿**，再使用線鋸機鋸下擺桿的外型以及擺桿軸心支撐座以利安裝軸承。



3. 製作擺桿並安裝**軸承**，並用線鋸機鋸下二組發電機**線圈的基座**的外型。



4. 使用AB膠黏合擺桿及軸承和支撐座並組合擺動機構的底座、支撐架、擺桿及感應線圈基座。



5. 安裝強力磁鐵並將發電機主體噴漆保護。



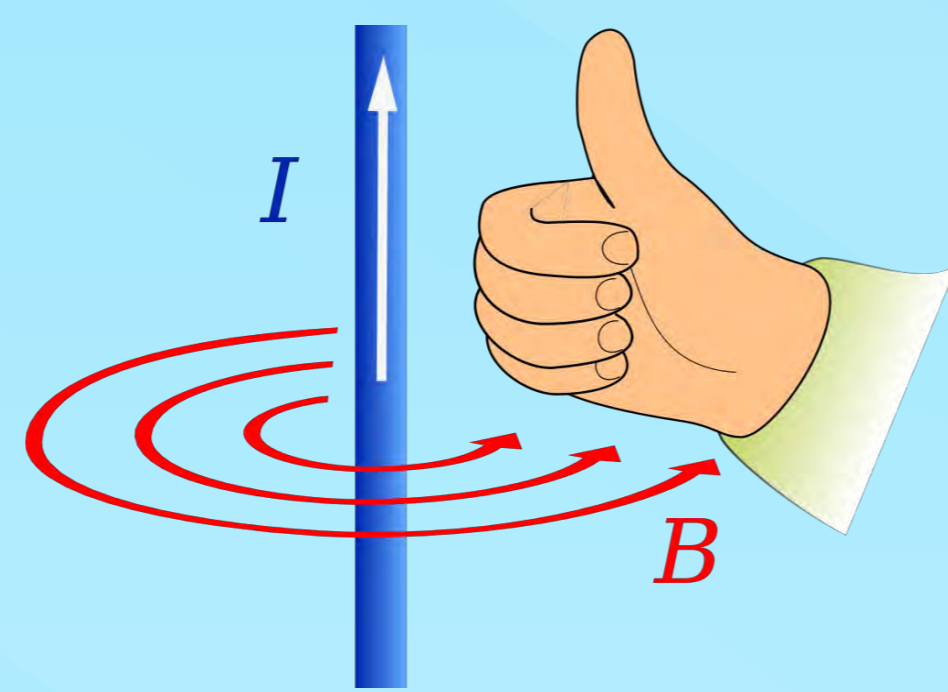
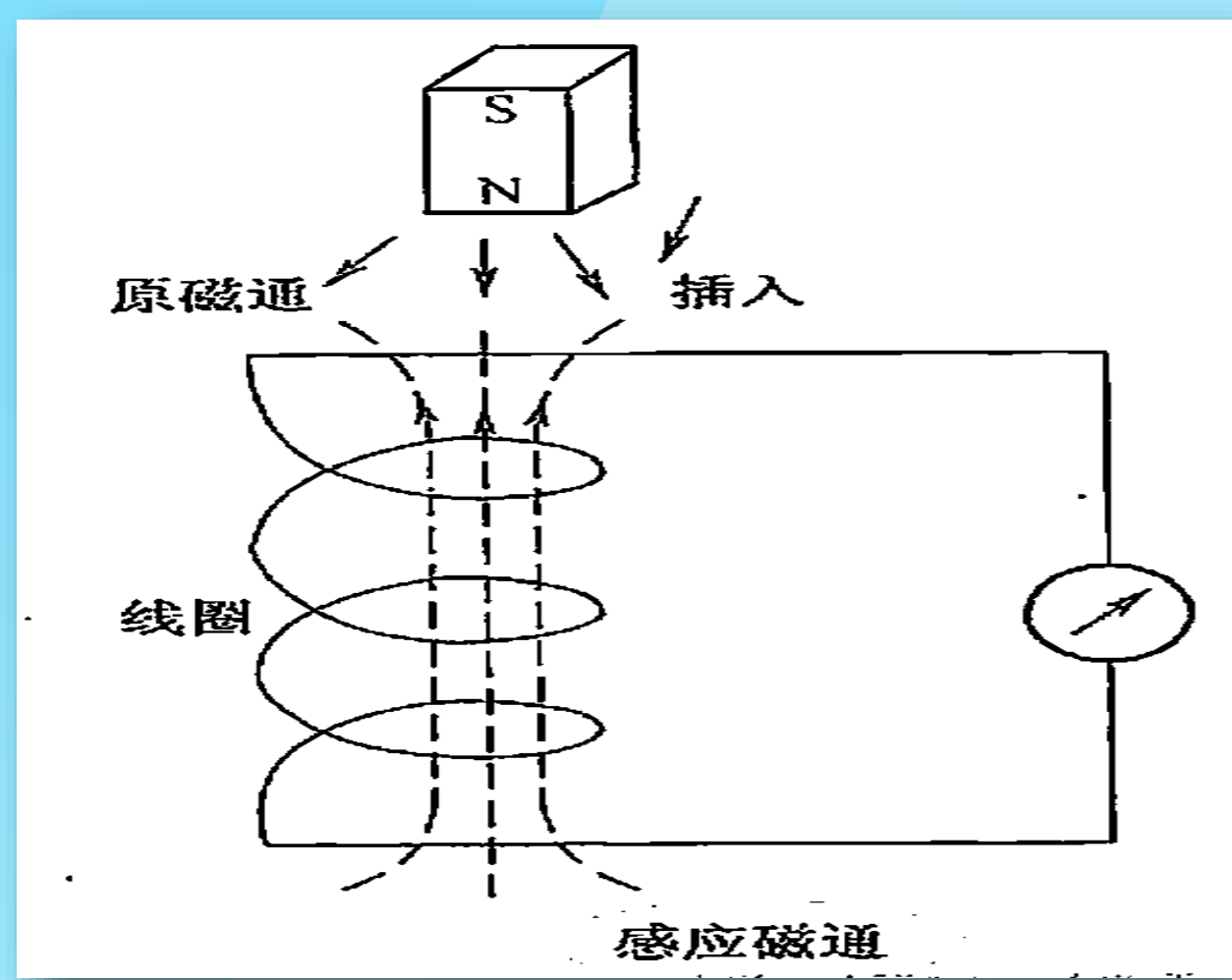
6. 使用保麗龍及塑膠板製作一組浮筒船身並組合發電機主體。



四、研製並測試發電效果較佳的發電機感應線圈

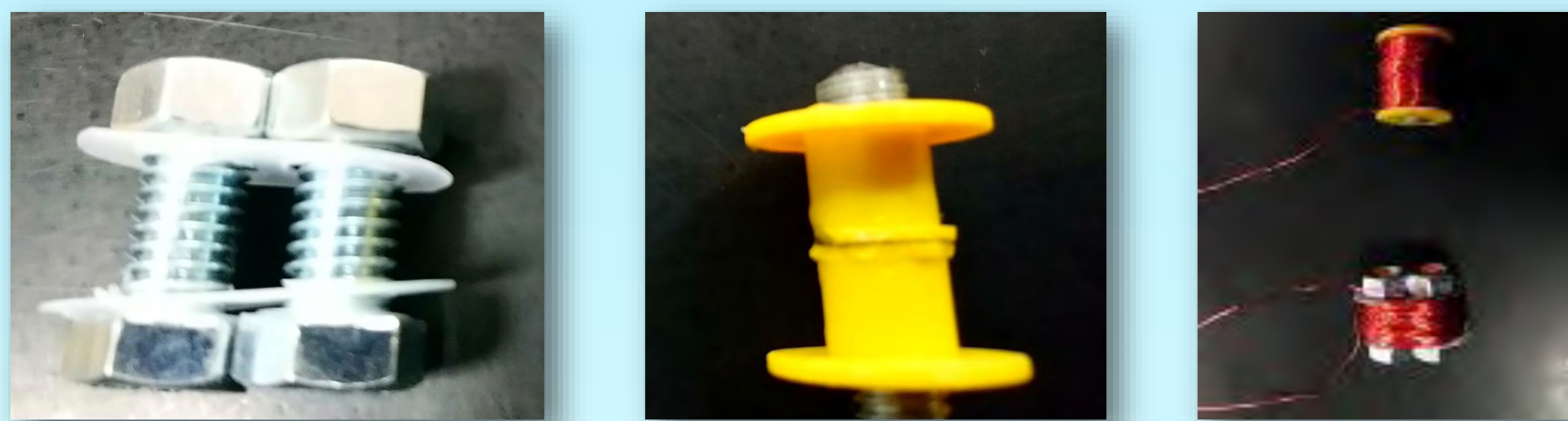
參考文獻資料得知，感應線圈的匝數越多、軸心越大以及與磁鐵間的距離愈近，其發電效果愈佳，根據此觀念製作不同形式的感應線圈並做測試，試求最佳的發電效果。

參考安培右手定則將右手的大拇指指向電流方向，再將其它四根手指握緊電線，則彎曲的方向決定磁場方向。在各感應線圈串聯時，方向需要一致，亦即，若定磁鐵的N極向下，感應線圈的纏繞方式為逆時鐘方向，電流方向向上。



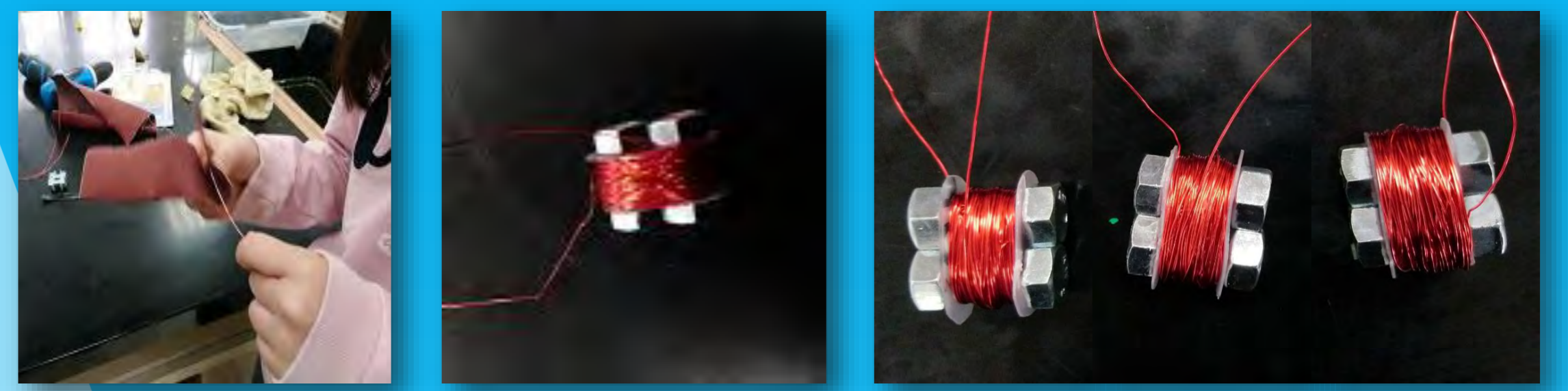
(一) 操作順序

1. 使用不同的材料製作不同型式的感應線圈軸心，並使用漆包線纏繞於軸心上測試。



線圈一: 以雙螺桿作為感應線圈的軸心

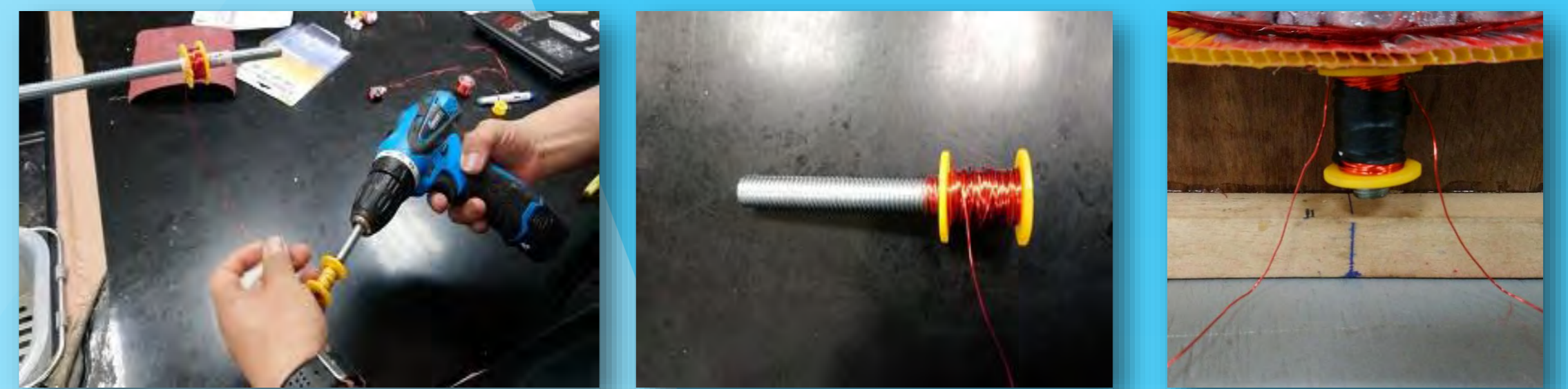
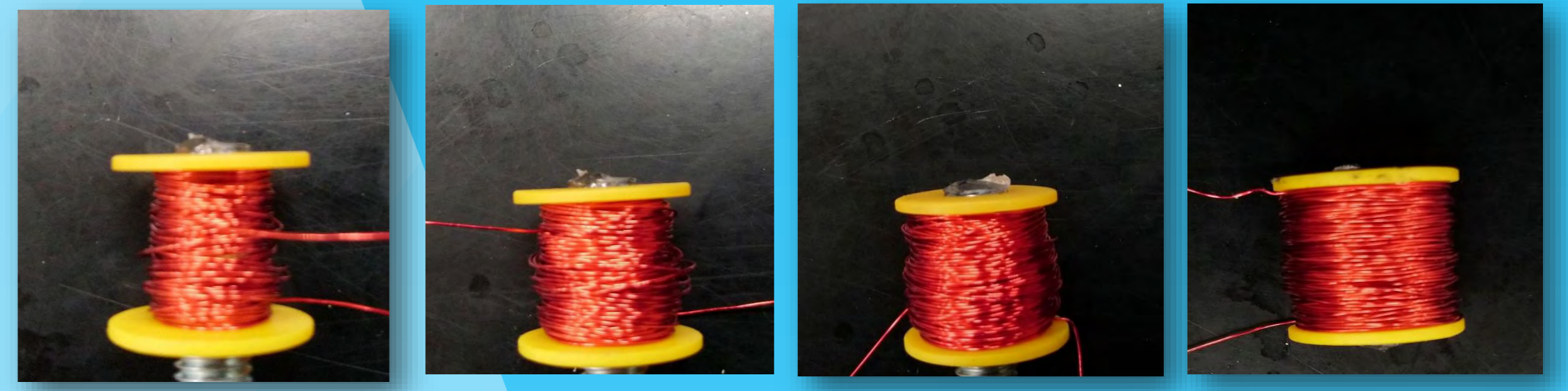
- 纏繞漆包線，匝數 100 匝並將感應線圈安裝於發電機之擺動機構上測試。
- 再分別製作 180匝及 260匝的感應線圈做測試。



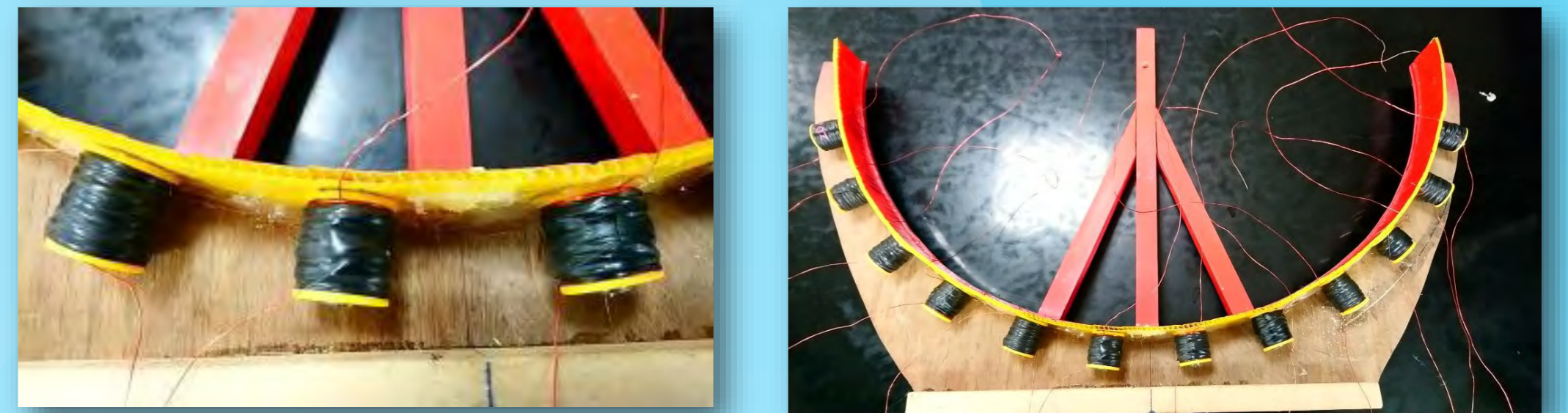
c. 比較感應線圈100匝、180匝及260匝所產生的電壓並選擇最佳的感應線圈匝數。

線圈二: 以單螺桿作為感應線圈的軸心

a. 分別纏繞感應線圈匝數為130匝、250匝、350匝及450匝，並裝於發電機之擺動機構上測試。



- 選擇最佳的感應線圈軸心型式及纏繞匝數。
 - 使用等長的漆包線並使用電鑽製作線圈纏繞機，製作12組感應線圈。
- 將整組感應線圈安裝於發電機之擺動機構上測試。
 - 為求較高的電壓，將線圈做串聯組合。



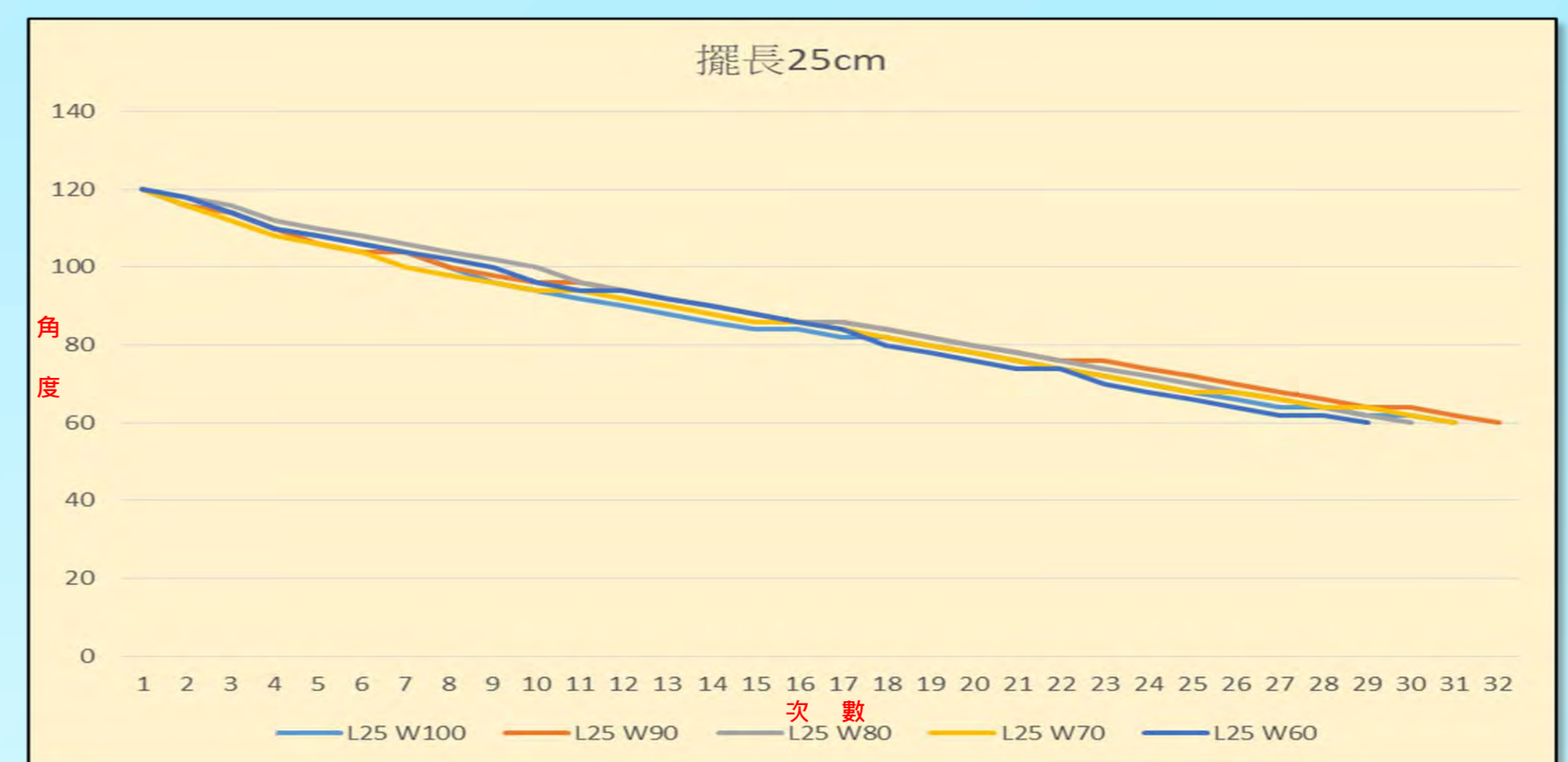
伍、研究分析與結果

一、鐘擺原理測試分析

本實驗為求強力磁鐵與感應線圈之間的行程(單位:公分)，計算方式下:

$$\text{擺錘單次行程} = \frac{\text{圓周長}}{360\text{度}} \times \text{擺角}$$

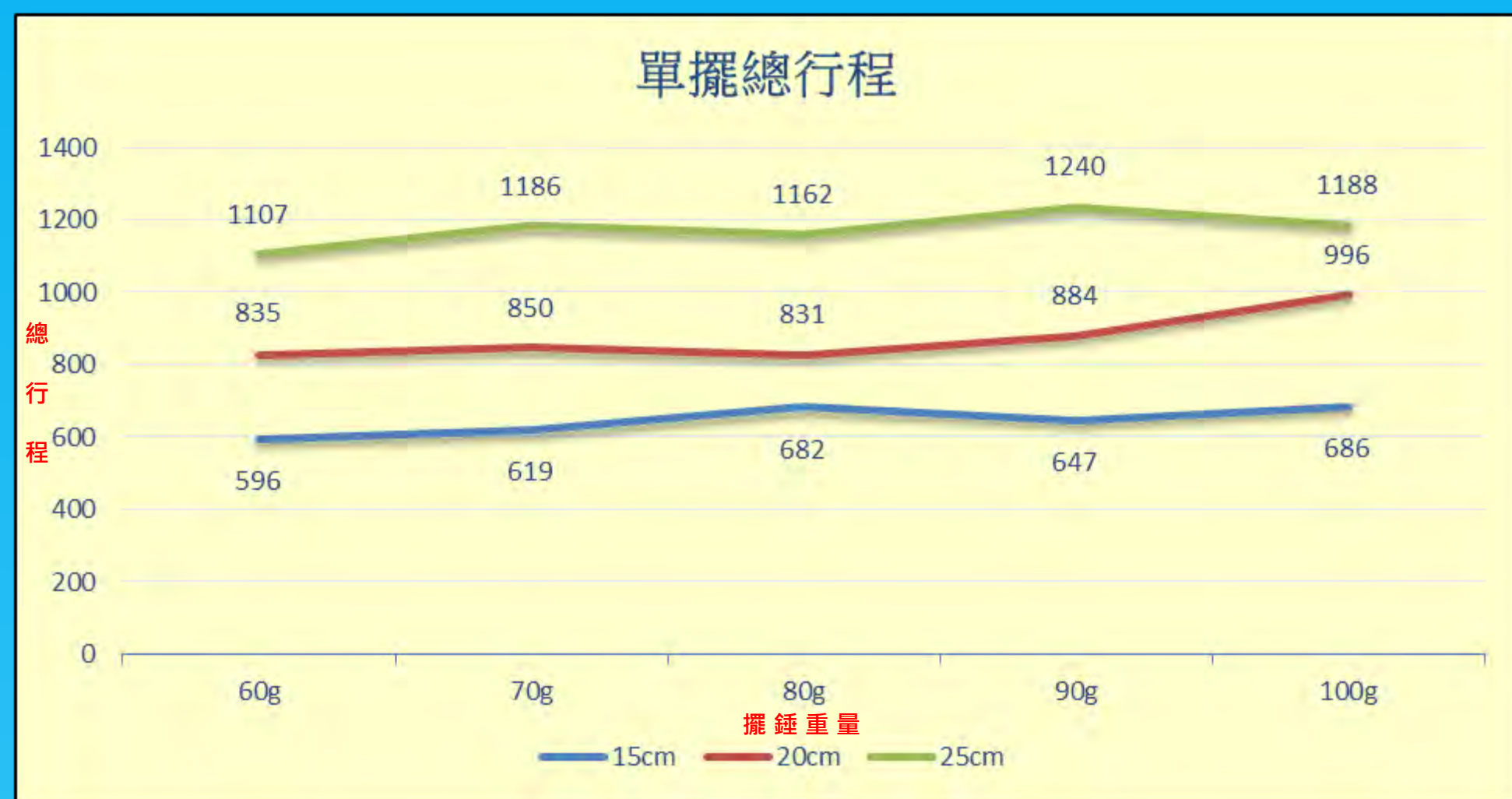
鐘擺實驗的擺動角度數據如下(以擺長25cm，擺錘重60g、70g、80g、90g及100g 為例):



各鐘擺的總行程數據統計如下表格:

擺重	擺長	單擺實驗總行程統計					
		15cm		20cm		25cm	
		總行程(cm)	擺動次數	總行程(cm)	擺動次數	總行程(cm)	擺動次數
60g		596	27	835	27	1107	29
70g		619	27	850	28	1186	32
80g		682	29	831	26	1162	30
90g		647	29	884	29	1240	33
100g		686	30	996	31	1188	32
平均		646	28.4	879.2	28.2	1176.6	31.2

各鐘擺的總行程數據統計如下統計分析圖：



實驗分析：結果顯示擺桿長度愈長所到的總行程愈長，為本研究的結果，但擺錘重量與行程無關（忽略實驗器材的精度及操作的誤差），與文獻相符，但基於實際考量，發電機擺錘（強力磁鐵）需抵抗與軸心的吸力，仍以較重的擺錘為考量。

二、感應線圈發電能力（電壓）分析

線圈一（雙軸心）實驗結果：

匝數	100匝	180匝	260匝
電壓	Max 19	Max 32	Max 39

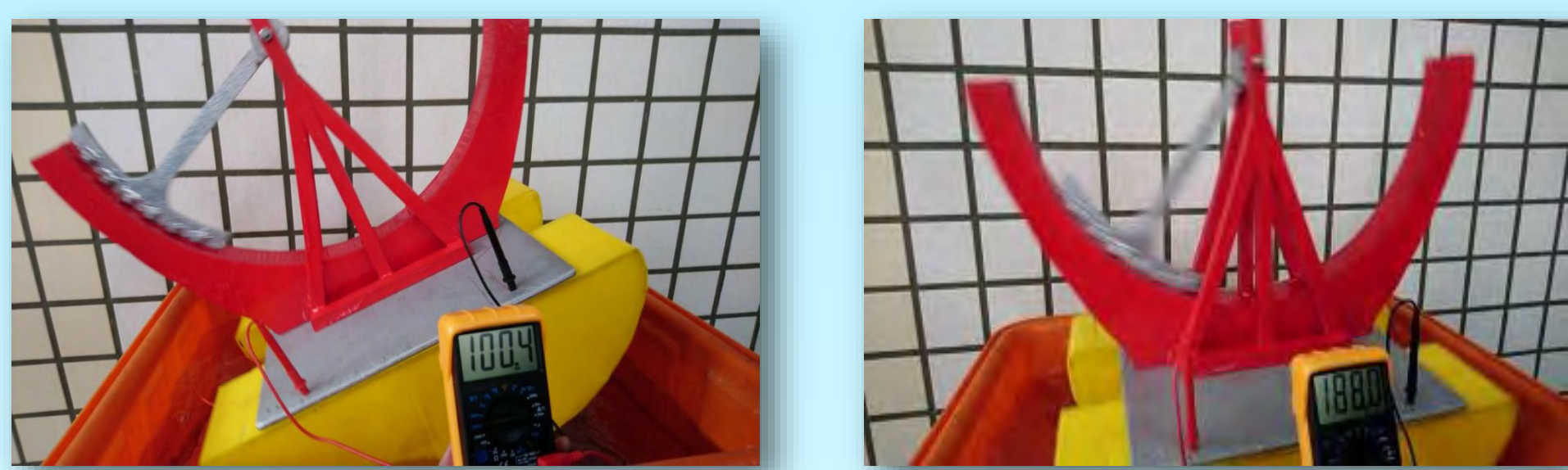
線圈二（單軸心）實驗結果：

匝數	130匝	250匝	350匝	450匝
電壓	Max 14	Max 25	Max 28	Max 42

實驗分析：結果顯示感應線圈的軸心愈大，產生的電壓愈高，與文獻資料相符，但實驗發現，雙軸心與強力磁鐵之間的吸力太大，會影響擺動，因此，我們採用單軸心方式。另外，線圈之匝數愈多，產生的電壓愈高，因此，本研究結果與文獻相符。

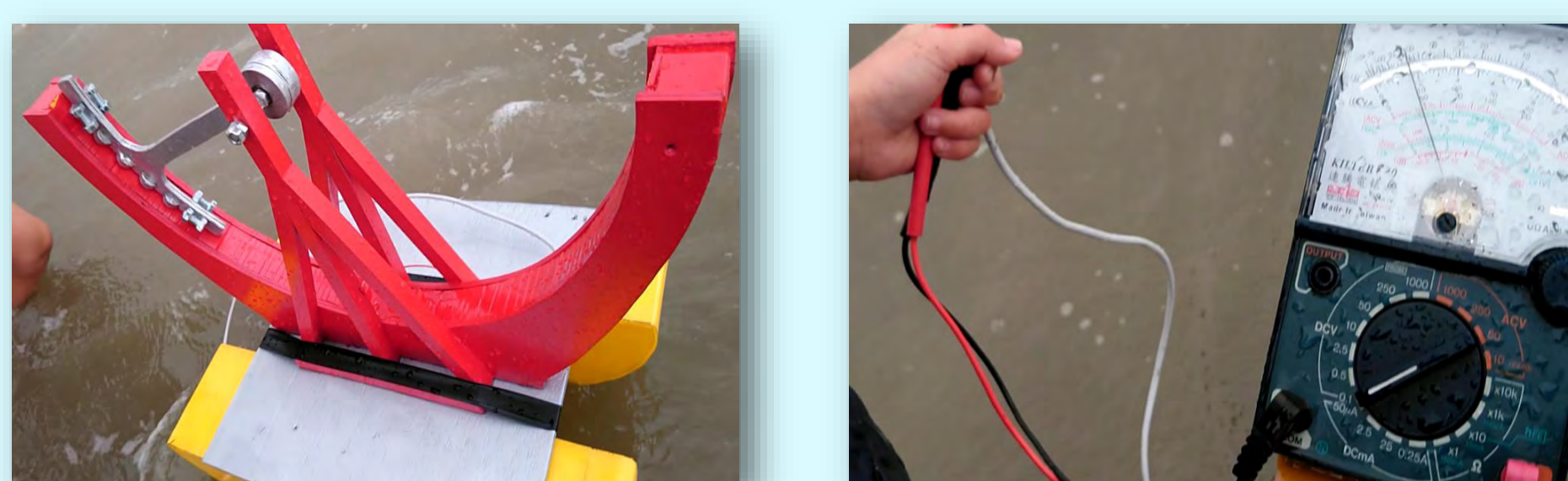
三、海浪發電機水槽實驗結果

將整組發電機置於實驗水槽測試，測試擺動情形，結果如研究所預期的，即發電機能隨著水波擺動，並能正常擺動而發電，電壓達到 188mv。



四、海浪發電機海邊實地測試結果

將海浪式發電機載至海邊測試，結果依著浪高而產生不同的電壓，電壓達到 150mv。

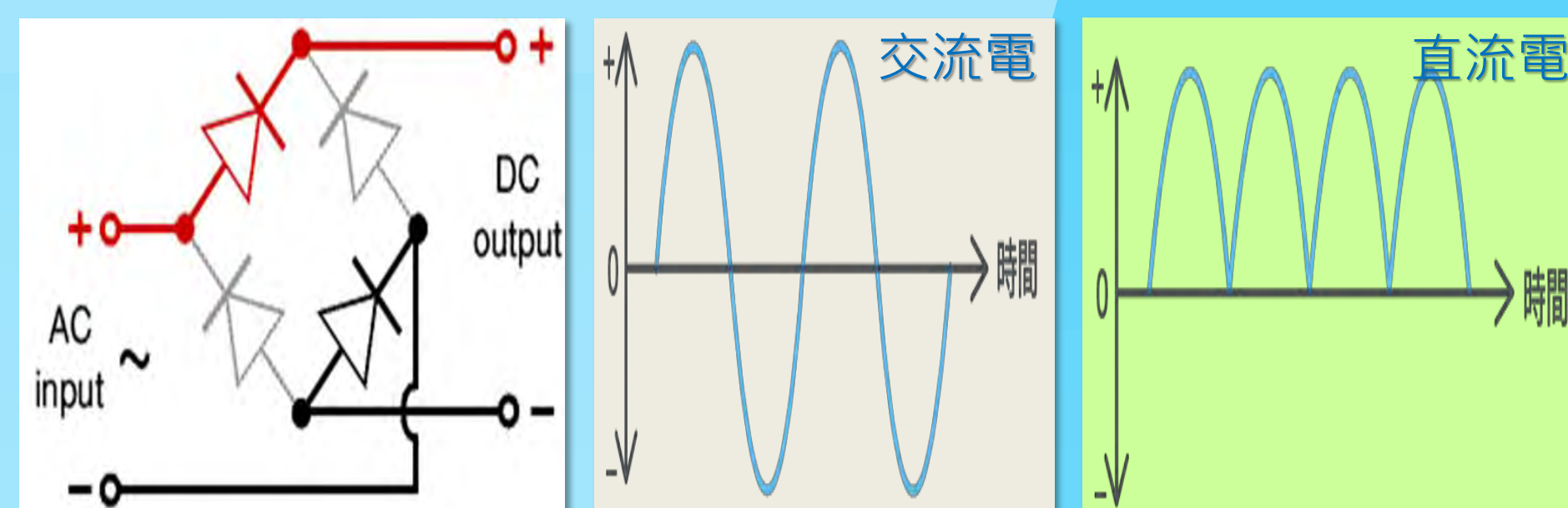


我們在船底加裝二片方向舵，並用繩索分別繫住船身及沉底的錨，以維持船身與海浪衝擊方向相同。



陸、研究結論

- 根據鐘擺實驗發現，擺長愈長有助於增加擺動的行程，對於發電效果有益，而擺錘重量方面，雖與行程無關，為了擺動順利，我們選擇較重的擺錘。
- 感應線圈的實驗結果顯示，匝數愈多，軸心愈大，發電效果愈好，但由於考量強力磁鐵對軸心的電磁吸力問題，我們採用單軸心作為感應線圈的軸心。
- 本發電機產生的電為交流電，若要轉變為直流電，可加裝橋式整流器。



- 實際應用的海浪發電機需要有良好的防水功能，為加強電機及電控設備的保護，以防止水分及鹽分的侵蝕。
- 發電機之強力磁鐵及感應線圈的構造方面，未來可再研究更高效率的結構，或者改良擺動機構以產生最佳的發電能力，也是未來的研究方向。
- 本研究利用鐘擺原理之船型海浪發電機為原型機，可應用於離岸之近海區域，並有適當浪高的海域，只要有足夠的海浪推力就能使發電機擺動而發電。
- 未來可進一步研究多方向擺動的海浪發電機，可應用於發電量小但能自我供電的能源採集器等應用設備。

