

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

團隊合作獎

082810

多功能水上 iRobot - 遠端水質監測與垃圾搜集

學校名稱：新竹市東區東園國民小學

作者：	指導老師：
小六 廖 衡	張誼文
小六 張碩鈞	劉慧華
小五 彭柏睿	
小六 張辰澤	
小六 陳彥謀	
小五 許恩榮	

關鍵詞：水上垃圾、遠端水質監控、Arduino 晶片

摘要

灌溉香山地區農田，流經學校圍牆旁的汀甫圳，雖為灌溉用水，但水面常有垃圾漂浮，並成為沿岸住家、工廠的排水溝，其中充滿各式汙染，引發我們想製作一台多功能水上 iRobot，除了能搜集水上的垃圾外，還能監測水質。

利用超音波感測器控制船體行進路線、電動閘門控制垃圾搜集、光纖偵測油汙與混濁度、自製酸鹼探針測量 pH 值。已獲得污染偵測之對應物理相關數值，此汙染臨界值具穩定與再現性，並可將汙染監控成果透過藍芽傳送至電腦與手機，達到遠端監測水質與搜集垃圾的目的。

此外透過太陽能板、充電鋰電池，期待可使船體在水上運作，達到環保節能的目標，目前已於校內水池測試成功，預期可推廣至其他水域。

壹、研究動機

近年來海洋垃圾汙染造成生物死亡的情況屢見不鮮，如何減少海洋垃圾是大家關注的焦點。同樣地，當我們看到流經學校圍牆邊，至今仍灌溉香山區農田的汀甫圳，常有垃圾漂浮在上面，圳道旁的住家、工廠，將它當成排水溝，這樣的景況令我們怵目驚心。因此我們希望設計適合小水域可以使用的「水上 iRobot」，除了能搜集清除水上垃圾外，還希望透過遠端水質監測回報，讓新竹市政府工務局、新竹農田水利會及經濟部水利署第二河川局，能對於汀甫圳的水質管控有更進一步的作為。

基於上述的目標，我們期盼能製作出成本低、操作方便的「水上 iRobot」，它應該具有：

- 一、便利性：只要開啟電源後放入水中，機器就能自行運作。
- 二、環保性：使用太陽能板和可重複使用的鋰電池做為電力來源，具有節能環保的優點。
- 三、科學性：透過實驗培養對科學的態度，如觀察、提問擬定步驟搜尋知識團隊合作等。
- 四、教育性：應用國小程度可以理解與設計的技能，結合中小學自然科學與程式，製作簡單實用機械裝置。
- 五、創客性：使用自製偵測汙染與驅動裝置，如：馬達、太陽能板、光敏電阻、超音波、酸鹼偵測、光纖偵測器，將偵測訊號傳送至電腦與手機 App，可作為遠端監控。
- 六、趣味性：將所偵測的物理數值，透過 Scratch 程式轉換為多媒體動畫，吸引更多人關注環保議題。

本研究作品與國小自然與電腦教材之相關性

自然與生活科技課程	單元	單元名稱	內容相關性
五上	1	太陽	太陽對生活的影響
五下	3	水溶液的性質	水溶液的酸鹼性
五下	4	力與運動	力的測量
六下	1	巧妙的施力工具	滑輪與輪軸、動力傳送
電腦課程 五年級 Scratch 程式			

貳、研究目的

【研究一】環保供電：

- 一、測試太陽能板充電鋰電池所需時間。
- 二、測試充滿電力的鋰電池能夠持續供給馬達運轉的時間。

【研究二】製作船體能搜集水面上垃圾：

- 一、使用樂高和伺服馬達製成的閘門，避免搜集的垃圾流出。
- 二、使用超音波避開障礙物。
- 三、測試馬達在水中的動力是否足夠。

【研究三】水質檢測：

- 一、檢測油汙與相對電壓的關係。
- 二、檢測水的混濁度：
 - (一)水位高度與相對電壓的關係。
 - (二)水的混濁度與相對電壓的關係。
- 三、檢測水的 pH 值與相對電壓的關係。

【研究四】遠端控制及監測水質：

- 一、利用簡單的電路，連接光敏電阻並將結果與訊號，結合電路和 arduino1.8.9，連接手機 App。
- 二、使用實驗數據設定手機警報回應。
- 三、透過方位判斷(latitude,longitude,altitude)，來導引馬達前進至指定位置。

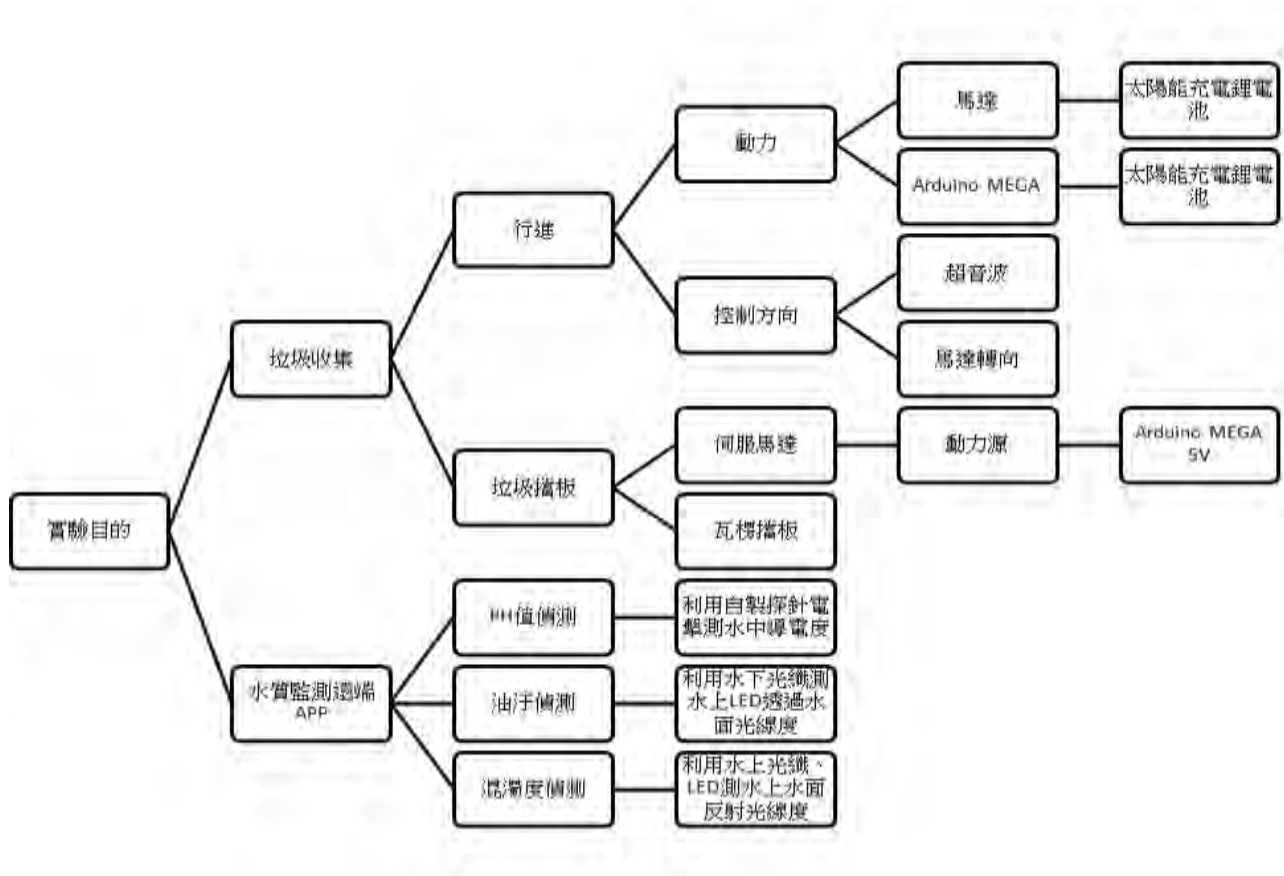
參、研究設備及器材

	Arduino MEGA 板		S4A 積木		S4A App
	光纖		排線		自製探針 (使用鋅片 測 pH 質)
	麵包板		Arduino 傳 輸線		銅片
	硬線		太陽能板		伺服馬達
	光敏電阻		Arduino 超 音波 (HC-SR04)		電阻
	減速馬達		鋰電池 18650		鋰電池充 電座
	pH 測試筆		pH 校正液		玩具車輪

其他用具	LED 燈、二極體(1A)、剝線鉗、竹筷、美工刀、剪刀、尖嘴鉗、收納盒、保麗龍板、空寶特瓶、墨汁、冰棒棍、束帶、鑽洞器、鉸槍、熱熔槍、鋰電池座、醋酸、石灰水、三用電錶、電壓計、電流計、燒杯、滴管、攪拌棒、電腦、手機、紙箱、乾電池、乾電池座、RO 水、吸管、絕緣膠帶、布膠帶、珍珠板
------	--

肆、研究過程與方法

一、實驗架構



二、資料查詢

(一) 水上垃圾種類：

根據環保團體在過去十年來的統計，海岸上最常見的廢棄物前五名都是塑膠製品，包括寶特瓶、塑膠吸管、塑膠杯、塑膠餐具、塑膠袋。塑膠類最多，它們的特性就是會飄浮在水面上。

(二) 海洋垃圾收集方法：

荷蘭青年柏揚·史拉特（Boyan Slat）研發的海洋吸塵器受波浪，風向及海流影響，不容易成功，也超出我們的研究能力。但它主動搜集垃圾的方式，令我們想嘗試做做看。

(三) 水質監測

嘉義市第二十八屆中小學科學展覽會的〈水質檢測 DIY 與自製濾水器的探究〉，用濁度計測量與用數位相機拍解像力圖片兩種方法來比較出水質的濁度。濁度計測量方法是環保署提供的方法，但材料不易取得。數位相機拍解像力圖片測量方法，持續用數位相機拍攝解像力圖片，藉此比較水質的濁度。但因為是用肉眼判斷，憑個人標準判斷，故我們用光纖來偵測，再由電腦讀出科學數據，相較之下較可信通用。

三、實驗過程：

(一)太陽能板實驗

1. 太陽能板充電鋰電池實驗

(1)研究目的：

研究太陽能充電板的充電速率，從本系統的供電需求，設計系統的操作模式。

(2)實驗過程：

A. 將一顆放電至 3.6V 的鋰電池，接上太陽能板，並串聯電流計。

B. 將太陽能板放置於太陽底下，每隔 5 分鐘用三用電表量測並記錄鋰電池電壓、電流變化情形。



圖 1：太陽能板充電鋰電池裝置圖

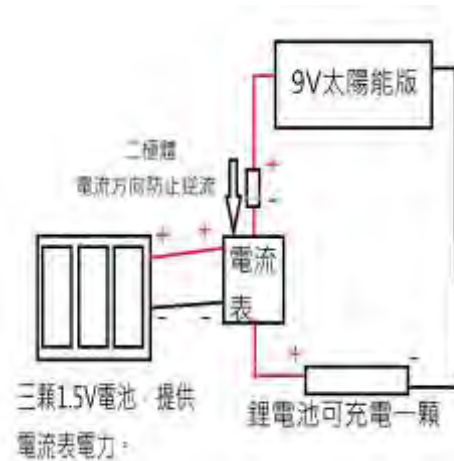


圖 2：太陽能板接充電鋰電池接線示意圖

(3)實驗結果

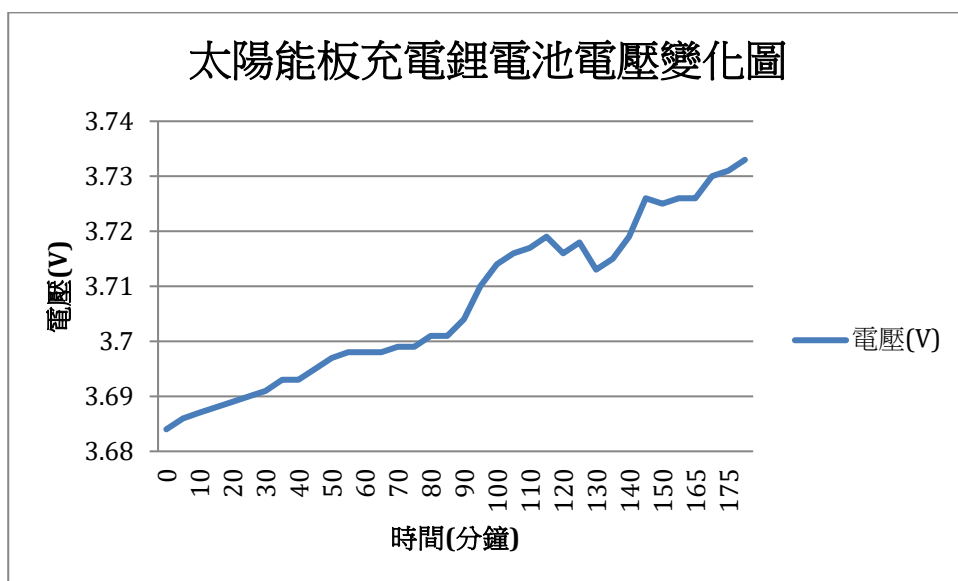


圖 3：太陽能板充電鋰電池電壓變化折線圖

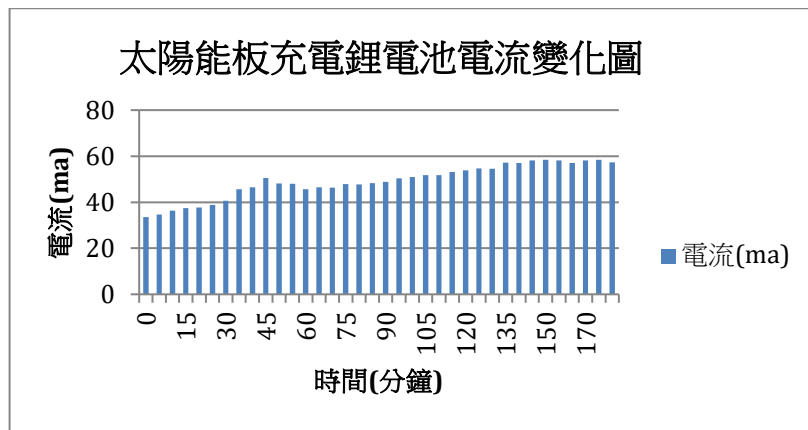


圖 4：太陽能板充電鋰電池電流變化長條圖

2. 鋰電池應用於馬達之耗電速率實驗

(1)研究目的：

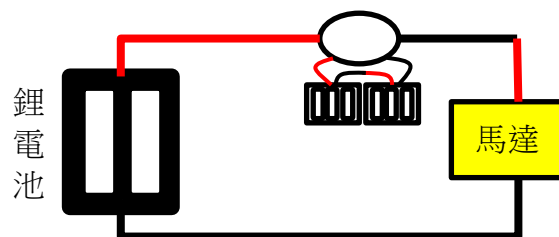
測試鋰電池應用於馬達轉動時的耗電速率，用來評估太陽能充電速率，與馬達耗電速率的關係。

(2)實驗過程：

- 如圖 5 接線, 以兩顆並聯且充滿電的鋰電池驅動減速馬達(DC 3V~6V)。
- 每隔一小時以三用電表量測並記錄鋰電池剩餘電壓。



圖 5(左)：鋰電池耗電實驗裝置圖



(右)鋰電池耗電實驗接線圖

(3)實驗結果：

鋰電池供給減速馬達運轉之電壓變化與耗電時間數據如下所示

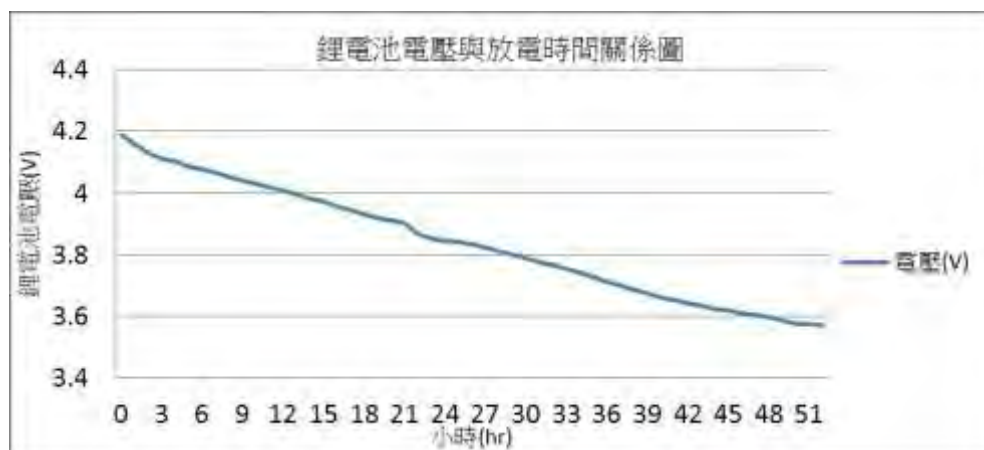


圖 6：鋰電池電壓與耗電時間關係圖

(4)討論：

依據鋰電池的化學特性, 鋰電池充滿電時, 電壓在 4.1V~4.2V 之間, 為避免鋰電池過度放電損壞電池, 電壓降至 3.6V 必須重新充電。以 3.6V 為限, 依照本次實驗顯示, 兩顆並聯且充滿電的鋰電池, 可供減速馬達運轉約 48 小時。

利用 1 個太陽能板對一個鋰電池充電, 觀察充電電壓隨著充電時間而增加, 如圖 3 所示, 從 3.68 伏特充電到 3.733 伏特, 需要充電 3 個小時。如圖 6 所示, 對照兩顆並聯鋰電池對馬達耗電實驗, 由 3.73 伏特放電到 3.68 伏特, 需要 3 個小時。由此估計太陽能充電速率略低於放電速率。因應較慢的充電速率, 可以對於船體運動採取前進與停止交替進行, 以維持鋰電池電壓保持在操作電壓, 避免因為工作電壓太低(臨界電壓設在 3.6V), 而損壞鋰電池。其設定方法為在電池輸出電壓端設置一監測端連於 Arduino 的類比輸入端如 Analog3, 當 Analog3 讀取值等於 3.6V, 即對馬達輸出腳位電壓設為 0, 等到充電電壓接近 4.2V 才開始提供馬達輸出電壓。

(二)船體實驗：

研究目的：研發出具有 1.穩定行進。 2.可偵測水域污染狀況。 3.利用太陽能為行進動力的船體。 4.垃圾收集功能。

第一代

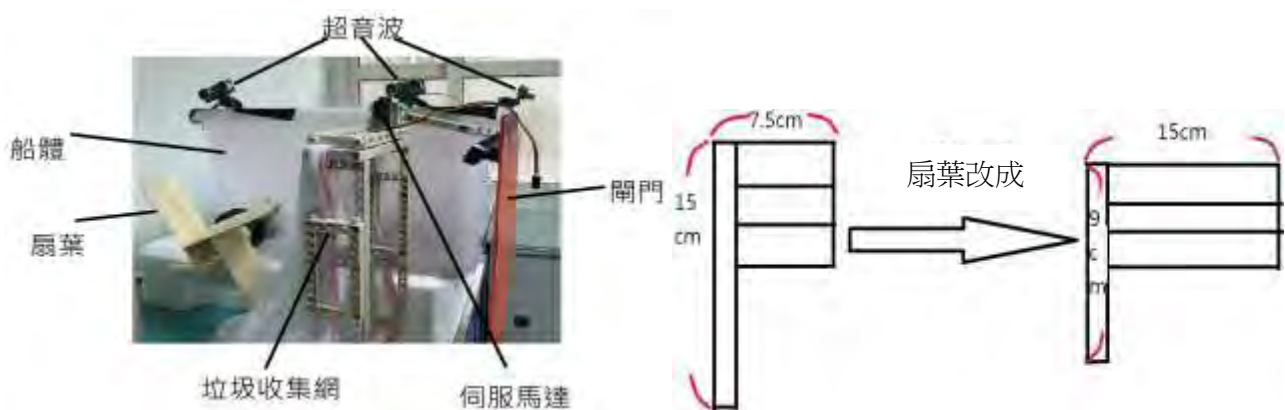


圖 7 第一代船體

(右)實體圖

(左)設計圖

在箱子裡(40cm*30cm*20cm), 放電子原件, 打洞安裝馬達與水車扇葉。

發現問題：水會從鑽孔洞進入箱子裡。

解決方法：把孔洞提高後, 扇葉吃水不夠, 接著加長扇葉。但是垃圾收集網會影響扇葉轉動, 於是發展第二代。

第二代

利用寶特瓶把裝電子零件的盒子(30cm*20cm*10cm) 浮在水上，水車馬達放入兩側塑膠盒中，船體前面用積木做成網架固定垃圾收集網。

發現問題：重心不穩，馬達依舊會吃水。

解決方法：改變船體，發展第三代。

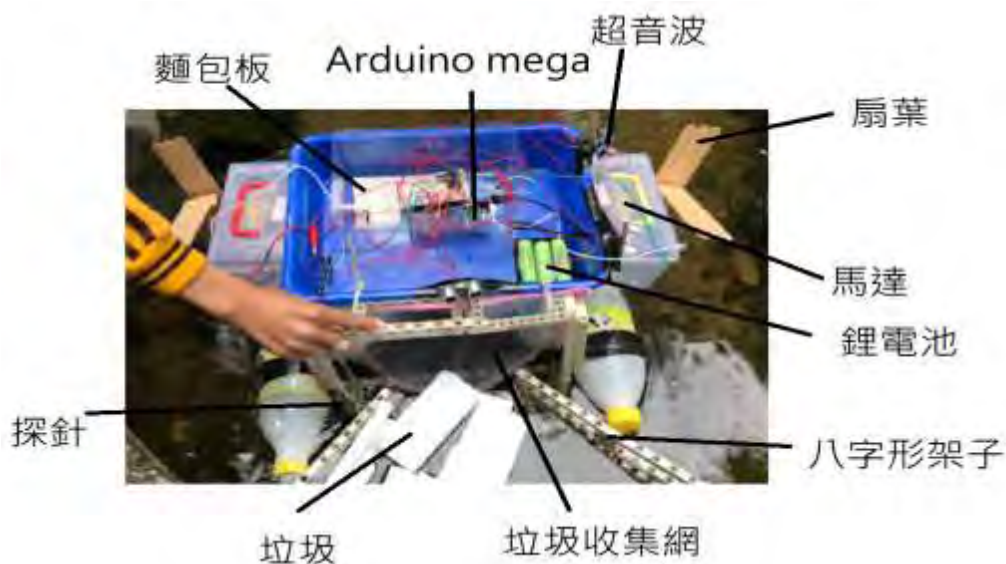


圖 8 第二代船體實體圖

第三代

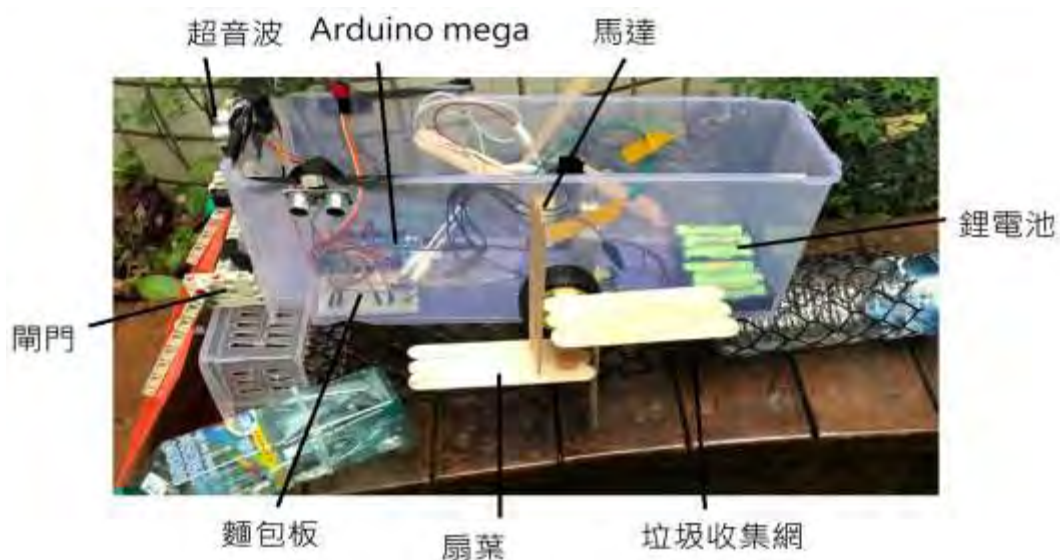


圖 9 第三代船體實體圖

更換船體為(50cm*15cm*20cm)的塑膠盒，電子零件放前面，鋰電池放後面，閘門後退時關上，前進時打開。

發現問題：馬達在水中扭力不足，運轉不順。

解決方法：換減速馬達。

第四代

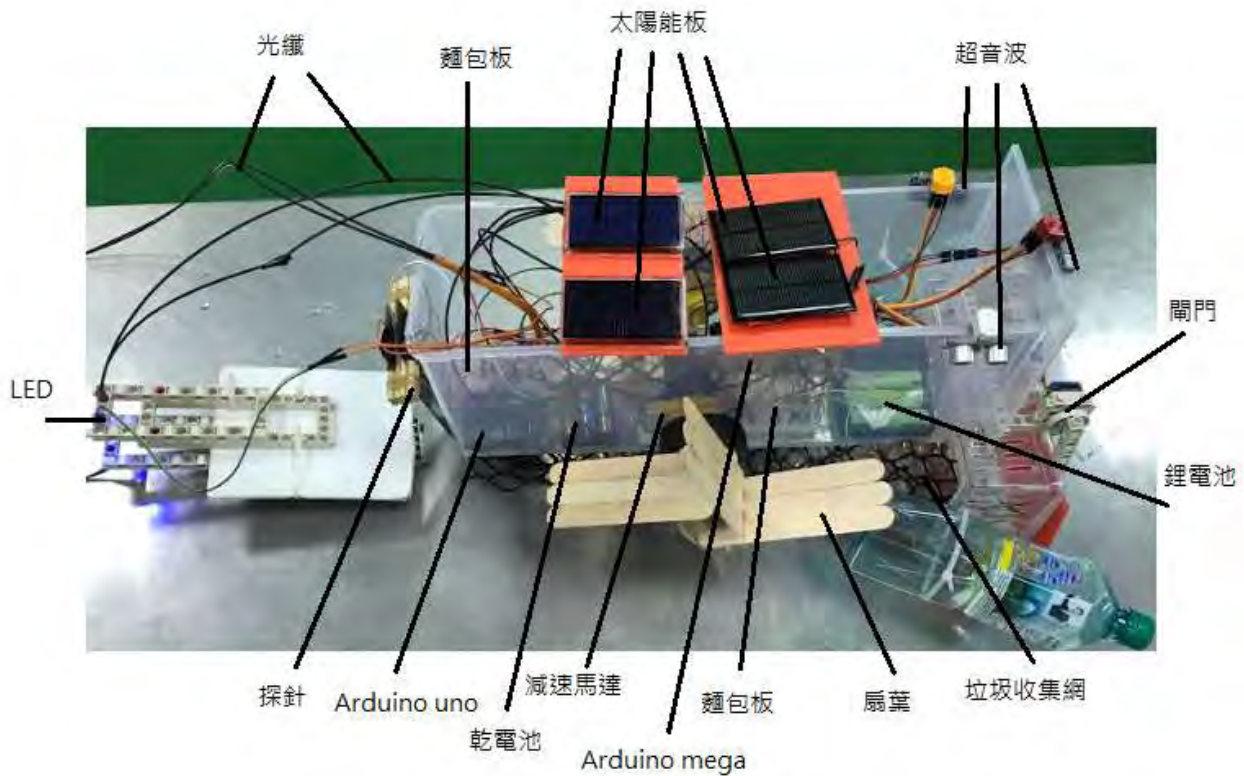


圖 10 第四代船體實體圖

改用減速馬達，使扭力增大，運轉較順。加裝檢測 PH 值的探針和偵測油汙及混濁度的光纖。將太陽能板裝在船體上方充電。考慮配重，將可充電的鋰電池放前面，電子零件放中間，並裝藍芽連接手機 APP，回報偵測結果。

船體程式:

船體程式是使用 Arduino1.8.9 程式來設計，程式主要邏輯是讓船體遇到障礙物時，靠著超音波感測器得到的距離，會自動閃開，以下四項是船體執行的動作。

1. 當前方的超音波感測器得到前方距離小於 20 公分時，倒退五秒，接著隨機向左或右原地旋轉隨機 3~6 秒。
2. 當左方的超音波感測器得到左方距離小於 10 公分時，向右原地旋轉隨機 3~6 秒。
3. 當右方的超音波感測器得到右方距離小於 10 公分時，向左原地旋轉隨機 3~6 秒。
4. 當前、左、右方的超音波感測器得到的距離都沒有小於 20、10 或 10 公分時，向前直走。

以下為船體程式流程圖:

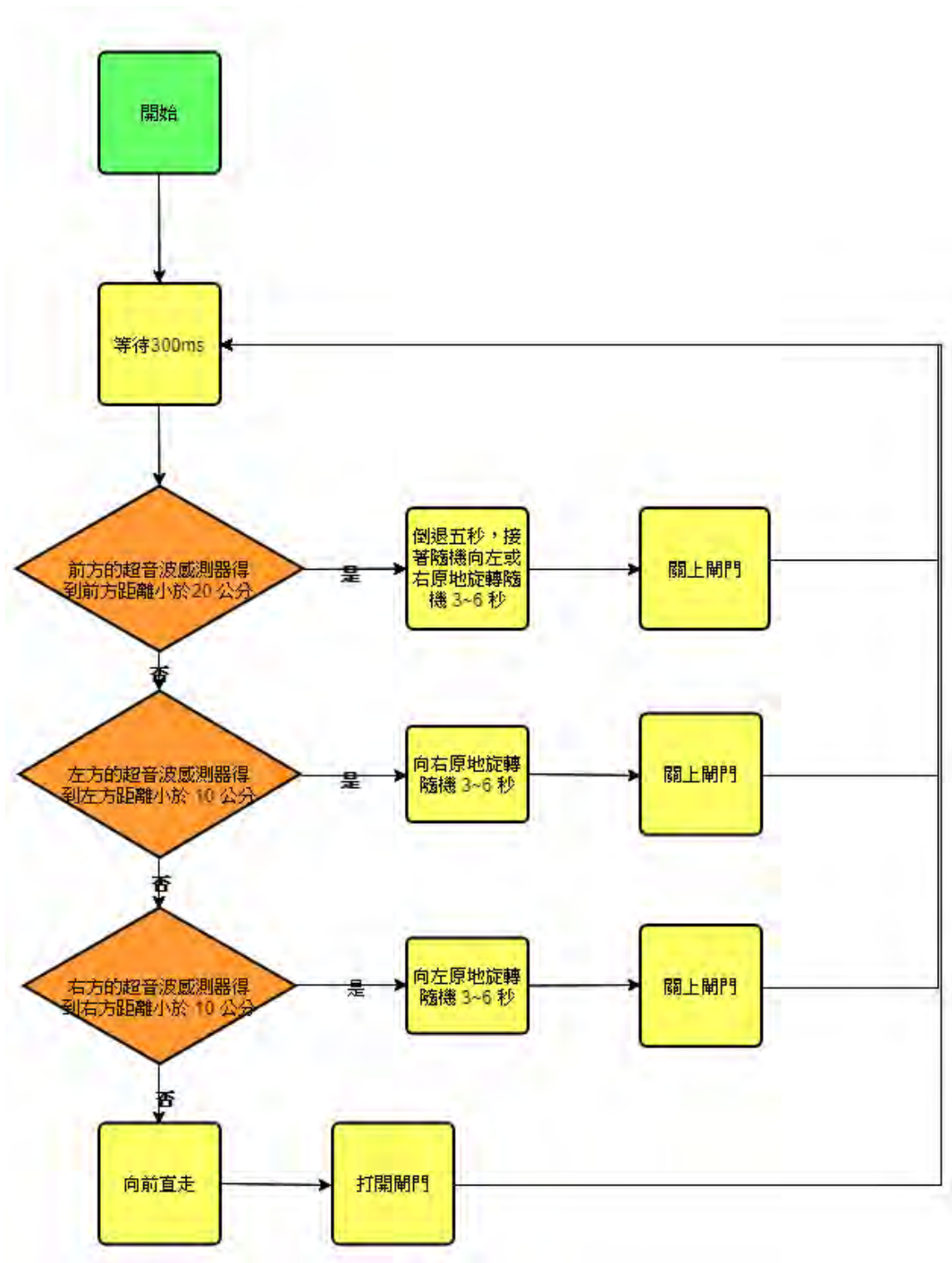


圖 11 船體程式流程圖:

小結：透過 4 代的船體研發，因應為減少能源耗損，不用抽水馬達來吸取垃圾，而是利用船體的行進速度，結合閘門開關來收集垃圾，透過減速馬達，連結於自行設計與 3D 列印的輪軸和葉片，已可達到此功能。此外如何兼具船體平衡行進，與監測水質功能，需考慮各項器件的擺設與重心位置。

(三)水質監測實驗

1.酸鹼污染偵測

(1)研究目的：

利用自製銅與鋅不同材質的電極，作為偵測水域酸鹼污染的探針，透過測試 pH3~pH11 水溶液酸鹼值與導電度的關係，可以即時且準確反應酸鹼污染。

(2)實驗步驟：

- 分別準備 700ml pH3~pH11 的水溶液。
- 自製面積不同、間隔距離相同的鋅片與銅片探針。
- 將連接到 Arduino 板的自製鋅片、銅片探針分次放入不同的水溶液中。
- 由電腦端讀出 pH3~pH11 鋅片、銅片的 A0 相對電壓。

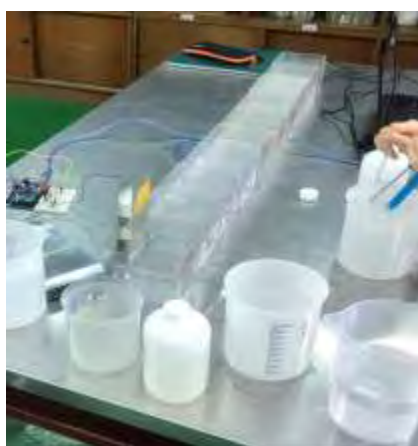


圖 12: (左)用 pH 檢測筆調出 pH3~pH11 飽和水溶液



(右) 利用自製探針測水溶液 pH3~pH11 之電極電壓 A0

操作原理：如圖 13 為基本電路示意圖，當酸

水流入電極中，在水中產生帶電離子，水溶液電阻降低。由圖 15 得知醋含量濃度越低，pH 值越高，溶液酸性越弱。且由圖 13 與電路分壓定律公式(1)，得知酸性越弱時，水中氫離子相對較少，水溶液等效電阻升高，A0 電極分壓越大。

$$A0(\text{電極分壓}) = 5 * R_{\text{水}} / (R_1 + R_{\text{水}}) \text{ -----公式(1)}$$

$R_{\text{水}}$:電極中水溶液之等效電阻值

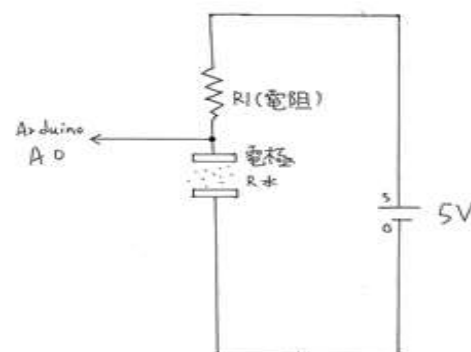


圖 13：酸鹼水溶液污染偵測接線示意圖。

(3)程式與接線圖:

```

ph_sail_code $
int voltage, checktimes;

void setup()
{
  Serial.begin(38400);
  pinMode(A0, INPUT);
}

void loop()
{
  while(1)
  {
    voltage = analogRead(A0);
    Serial.println(voltage);
    delay(1000);
    checktimes = checktimes + 1;
    if(checktimes > 19)
    {
      Serial.print("break");
      break;
    }
  }
  delay(120000);
}

```

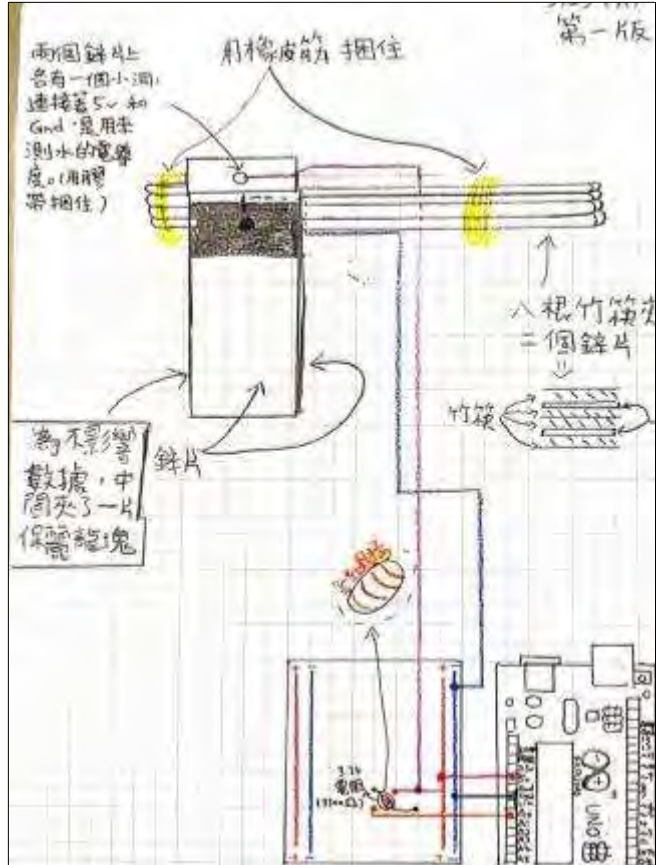


圖 14：(左)酸鹼水溶液污染偵測程式

(右)酸鹼水溶液污染偵測接線圖

(4)實驗結果:

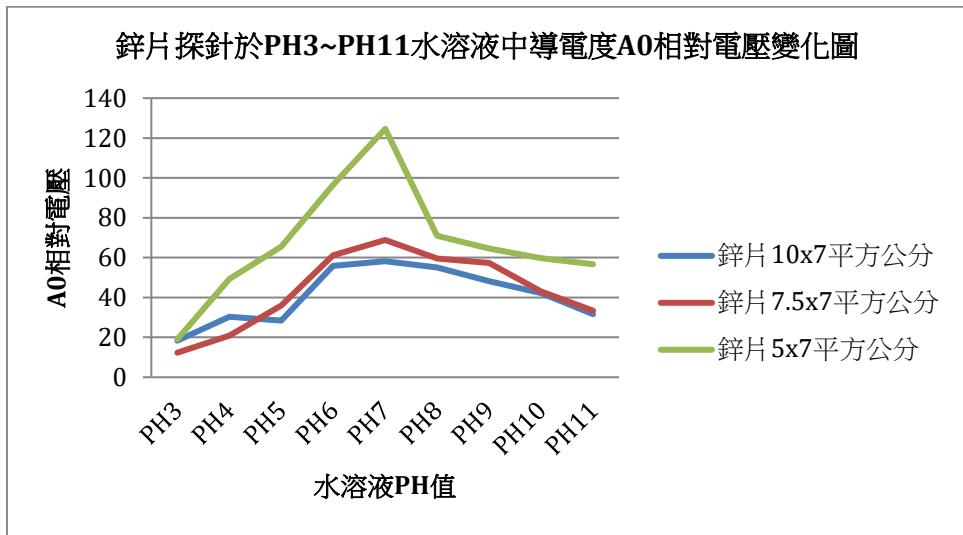


圖 15: 鋅片探針於 pH3~pH11 水溶液中導電度 A0 相對電壓變化圖(由 20 次平均得來)

小結：當酸(鹼)越濃時，水中氫離子(氫氧離子)相對增加，水溶液等效電阻降低，導電度越強，A0 電壓隨著下降。

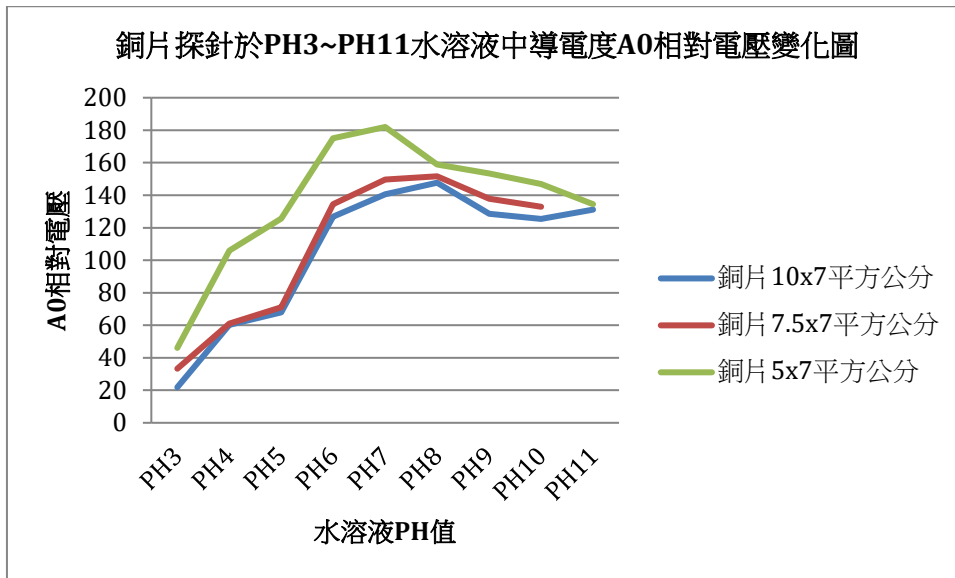


圖 16: 銅片探針於 pH3~pH11 水溶液中導電度 A0 相對電壓變化圖(由 20 次平均得來)

小結：當酸鹼越濃時，導電度越強，A0 電壓隨著下降。

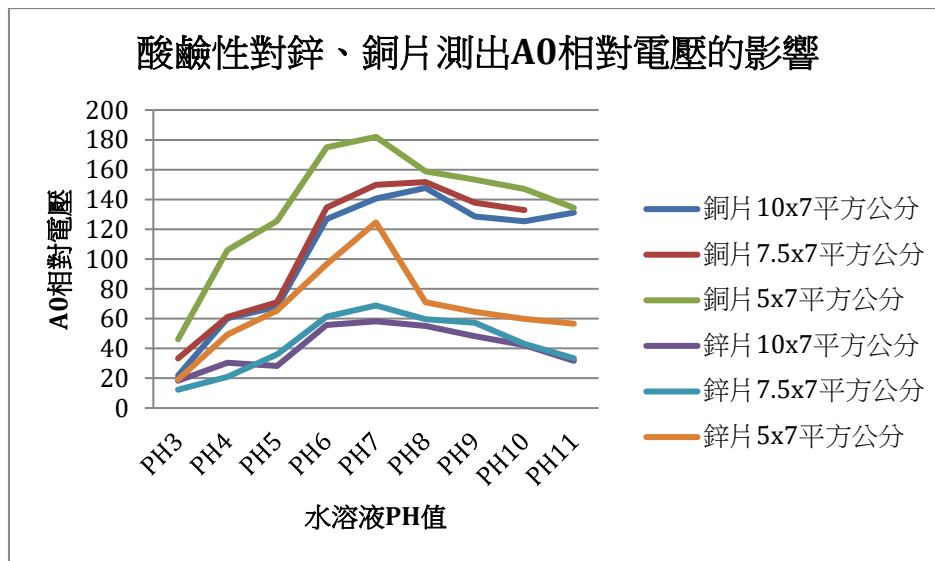


圖 17: 鋅片與銅片探針於 pH3~pH11 水溶液中導電度 A0 相對電壓變化圖(由 20 次平均得來)

討論：R= a(L/A)，a 為電阻率，A 為導電物體的截面積………(2)

由高中物理課本公式(2)，知道導體截面積越大，越容易導電，電阻越小。本實驗當中影響電阻實驗變因：

A. 電極截面積：截面積越大，越容易導電，電阻越小，所造成 的 A0 電壓越高。

另外 10*7，7.5*7 平方公分的兩個電極，兩者並沒有明顯的電壓差異，應該是電極面積所產生的等效電阻，對於容器內的水溶液的傳導影響，已經到了極限。

B. 酸鹼度：純水 PH 等於 7，導電離子最少，電阻最高，由分壓公式知電極分壓 A0 最高。

鋅片電極與銅片電極，對於(1)水溶液 PH 值 (2) 電極截面積，所反應出來的 A0 分壓，都有相同的趨勢。而銅片電極在系統上所造成的 A0 分壓高於鋅片電極，可能來自於銅片表面的氧化銅造成電阻上升所致，這個部分有待進一步的實驗釐清。

由實驗圖中可知，鋅片 5*7 平方公分的電極，所造成的 A0 相對電壓變化最大，也就是對於酸鹼污染的反應最明顯，因此本實驗酸鹼污染偵測系統，會採取這一個尺寸與材料設計。

此外，關於標準值的設定，我們透過行政院環境保護署放流水標準來設定，氫離子濃度指數須位在 6~9 之間，因此我們決定將 A0 相對電壓標準值設為 80。

C. 校內水質實驗，校內採樣水的測試結果，如圖 18，19。

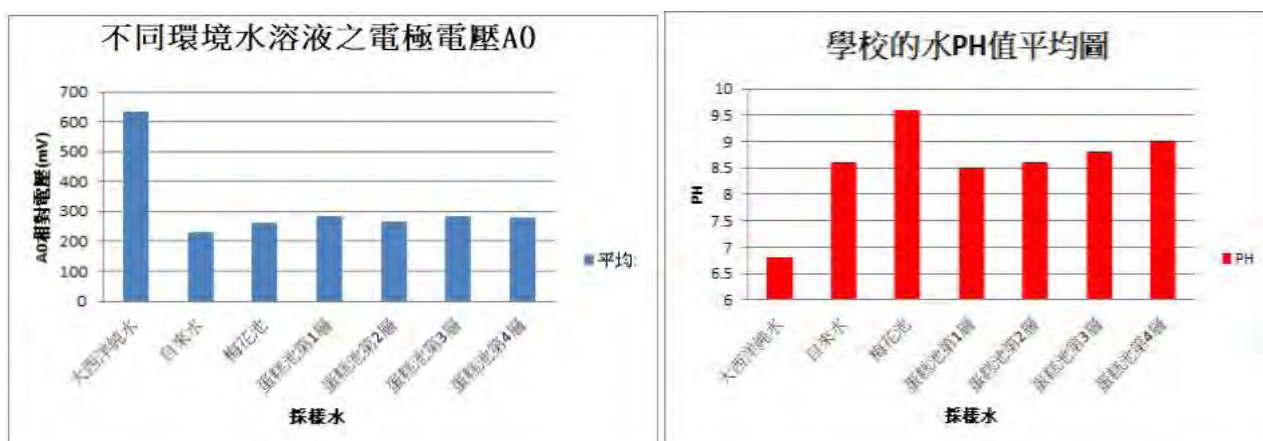


圖 18：校內採樣水之電極電壓 A0 平均圖

圖 19：校內採樣水 pH 值平均圖

小結：純水(市售品牌:大西洋純水)，其 pH 值約為 6.8，低於自來水和梅花池與蛋糕池，顯示純水導電離子較少，電阻(R 水)較大，由分壓定律公式 (1)知 A0 相對電壓值越大，與圖 18 實驗結果相符。

(四)水面油汙(麻油)透光度實驗

1.研究目的：透過水面油汙阻隔水上光線，以水下光纖偵測光的接收量，與對應的 A0 相對電壓的關係，用來判別油汙污染的程度。

2.實驗過程：

(1)在水箱裡裝水，放入下方有黏著光纖與 LED 的保麗龍板(如圖 22)。

(2)用紙箱架設暗室，由水下光纖測得 LED 燈透過水面的光亮度(如圖 21)，並由電腦 A0 端測得相對電壓值。

(3)加入 1ml 的油。

(4)重複步驟(2)~(3)。



圖 21：紙箱罩住光纖、LED 與水箱，測 A0 電壓

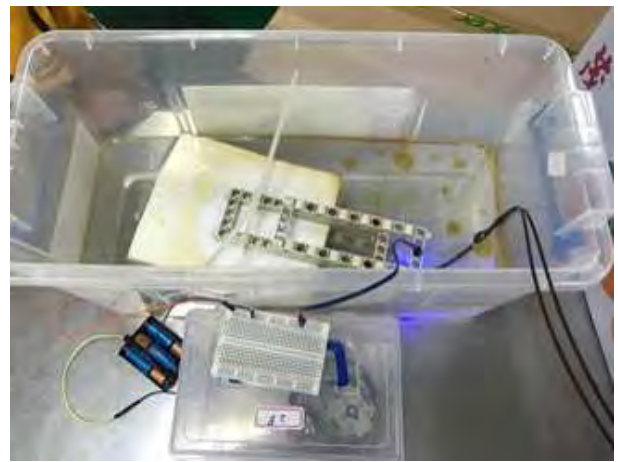


圖 22：紙箱內部偵測油汗裝置

3.程式與接線圖：

```

ph_salt_code $
int voltage, checktimes;

void setup()
{
  Serial.begin(38400);
  pinMode(A0, INPUT);
}

void loop()
{
  while(1)
  {
    voltage = analogRead(A0);
    Serial.println(voltage);
    delay(1000);
    checktimes = checktimes + 1;
    if(checktimes > 19)
    {
      Serial.print("break");
      break;
    }
  }
  delay(120000);
}

```

圖 23：油汗實驗程式(與酸、鹼水溶液相同)

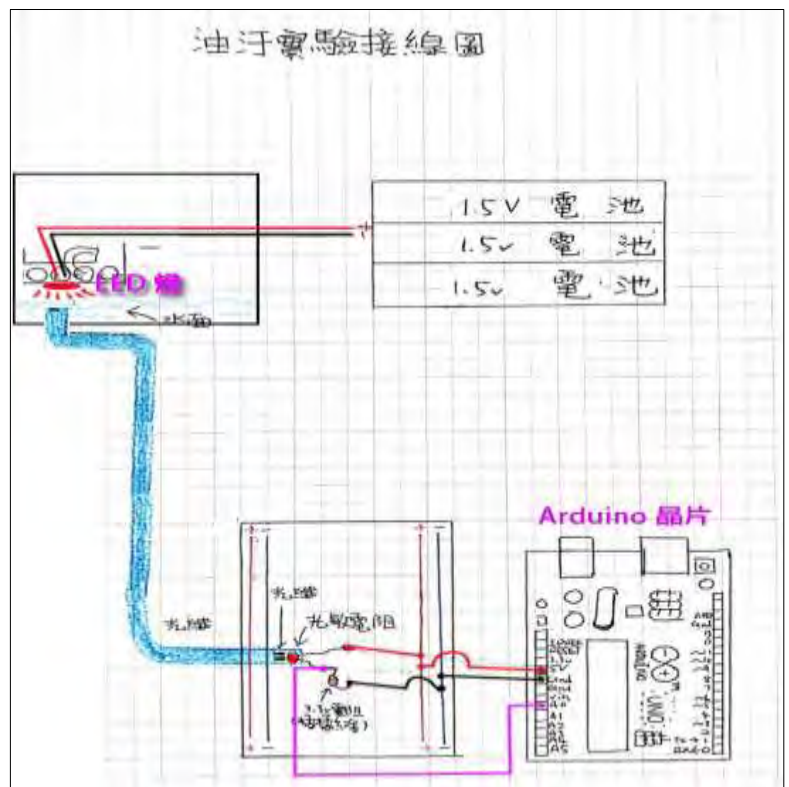


圖 24：油汗實驗接線圖

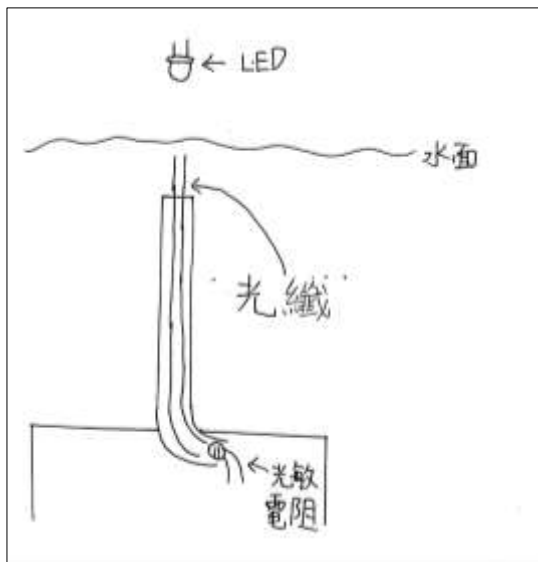


圖 25：光纖、LED 裝置圖(局部放大圖)

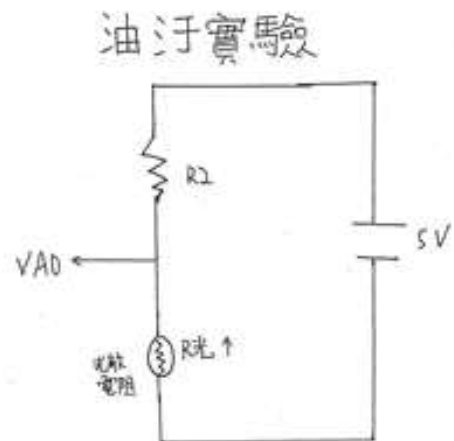


圖 26：油汙實驗接線示意圖

4. 實驗結果：

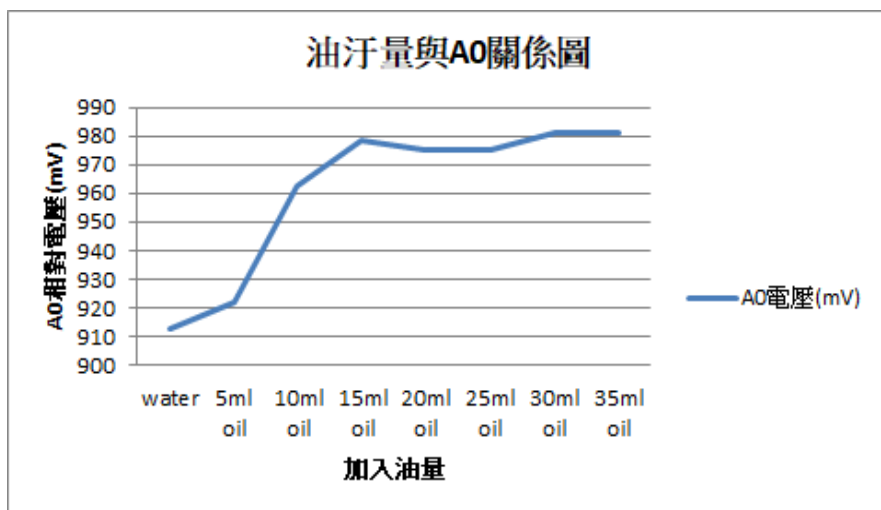


圖 27：油汙量與 A0 相對電壓關係圖

小結：當油汙加入越多，使得水上 LED 光更不易穿透水面，水下光纖接收光的亮度降低，光敏電阻值($R_{光}$)升高，由分壓定律公式(1)知，A0 電壓跟著上升，相對電壓上升，與圖 27 所示相符。

(五)混濁度實驗

1. 墨汁汙染實驗

(1)實驗目的：藉由調整不同的墨汁濃度，模擬水質混濁狀況，使用水面上的光纖測得 LED 光線在水面的反射量變化。

(2)實驗過程：

A.準備 2 公升的水

B.將安裝光纖與紅.黃.藍.綠與白 LED 的浮板，依序放入水中。並連接到紙箱內的 UNO 板、麵包板與光敏電阻，連接到電腦端(如圖 28)。

C.用滴管滴入一滴墨汁於水中，並用紙箱蓋住水箱製造暗室(如圖 29)，紀錄電腦端 A0 相對電壓值。

D.重複步驟 C。

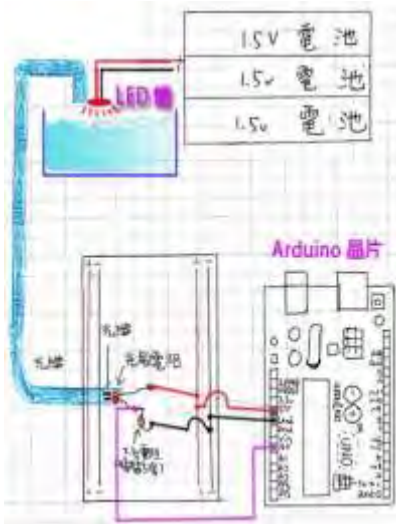


圖 28(左)混濁度實驗接線圖

(右)混濁度實驗實體接線圖

圖 29 混濁度實驗裝置圖

(3)實驗結果：圖 29 中的 A0 相對電壓值是用 20 次的數值平均得來的。

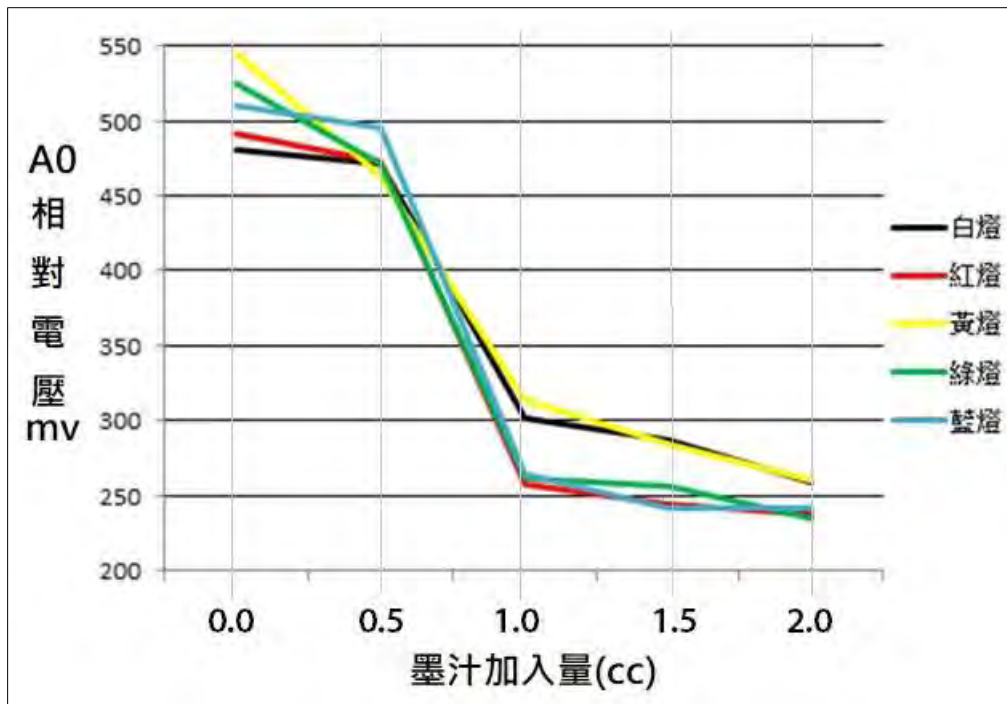


圖 30(A)：墨汁量與 A0 相對電壓關係圖

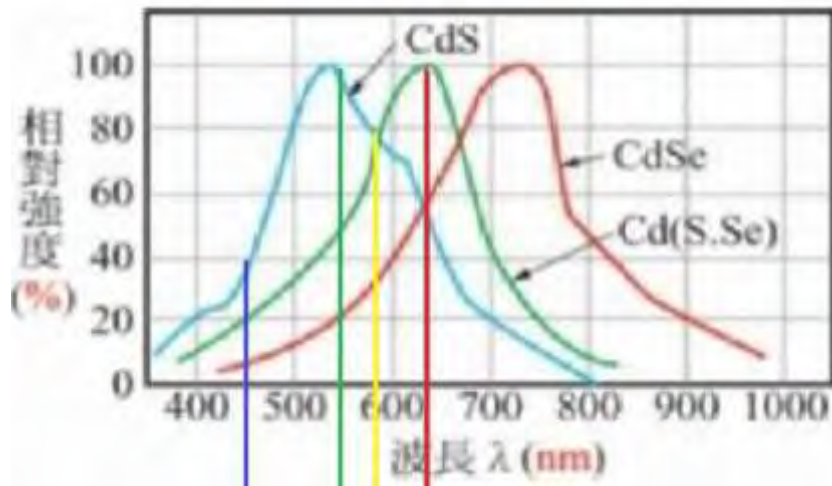


圖 30(B)：CdS 光敏電阻對不同波長的感應情況，其中對於綠色光線最為敏銳。

小結：A.本實驗使用 CdS 光敏電阻，如圖 30(A)所示加入墨汁 1cc 時，綠光所產生的壓降最為顯著，推斷應該與 CdS 光敏電阻對綠色光線感應最為敏銳有關，如圖 30(B)所示，因此後續實驗以綠光作為光源

B. 當加入越多的黑色墨汁(水溶液的混濁度越來越大時)，因為黑色墨汁吸收光線，使得反射光量降低，水上光纖接收光的亮度降低，光敏電阻值($R_{光}$)升高，由分壓定律公式(1)知， A_0 電壓隨著下降，與圖 30 所示相符。但當混濁度過高(加入 4 滴以上的墨汁)，其 A_0 相對電壓改變已經無法測得。

$$A_0(\text{電極分壓}) = 5 * R_i / (R_i + R_{光}) \text{ ----公式(2)}$$

$R_{光}$:代表光敏電阻之電阻值， R_i :3.3k 歐姆

2.定量墨汁實驗

(1)實驗目的：觀察墨汁溶液面與光纖距離越近， A_0 相對電壓值的變化。

(2)實驗過程：本實驗之 5V 接線在光敏電阻之一端，與圖 28 相同，依據分壓定律，當水上光纖接收光的亮度升高，光敏電阻值($R_{光}$)降低，由分壓定律公式知， A_0 電壓跟著上升，相對電壓上升。

A.水箱中倒入 100 ml 的墨汁。

B.將安裝光纖與 LED 的浮板架在水箱上。並連接到紙箱內的 UNO 板、麵包板與光敏電阻，連接到電腦端(如圖 28 右)。

C.加入 10ml 水於墨汁於水中，紀錄電腦端 A_0 相對電壓值。

D.重複步驟 C。

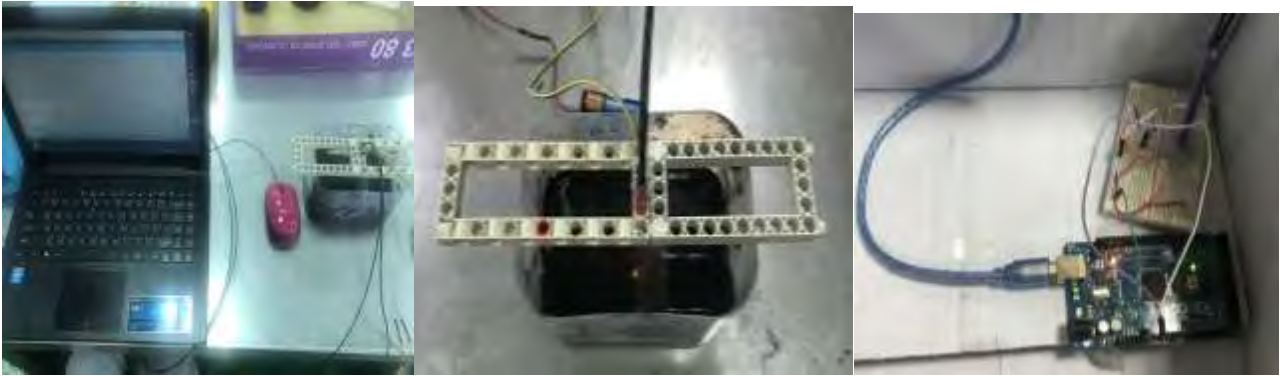


圖 34：定量墨汁實驗裝置圖 圖 35 定量墨汁與 AO 電壓實驗實體圖 圖 36 定量墨汁與 AO 電壓實驗電路圖

(3)實驗結果：如圖 37 所示，當墨汁高度越高，越靠近光纖的接收端，反射光線進入光纖的量就增加，以至於光敏電阻值降低，由分壓定律公式（2），A0 電壓升高，與實驗結果相符。

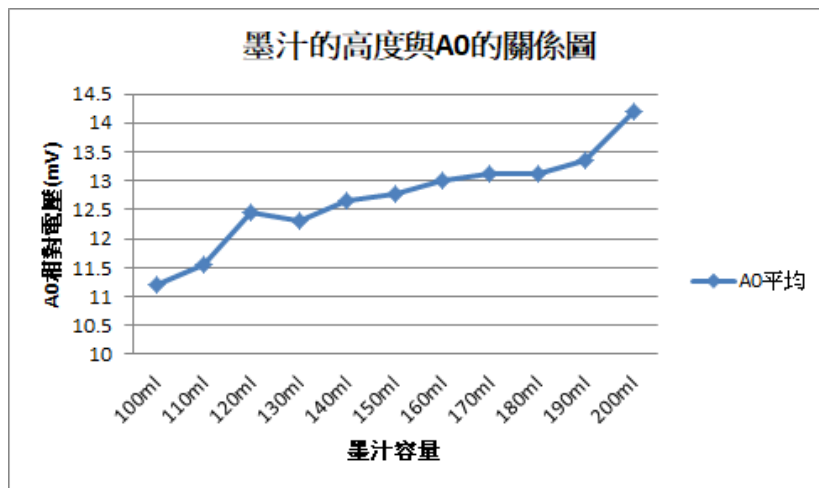


圖 37：墨汁高度與 A0 相對電壓關係圖

(4)A0 相對電壓值之取得與對應之警報程式



圖 38：(左)混濁度實驗程式，每一秒取樣一次，(右)當偵測值小於臨界值，發出 black 的警報。存到 light 資料庫中。



圖 39:當偵測值小於臨界值，發出 black 的警報程式(a)硬體電路閃燈 (b)多媒體動畫顏色變暗且說汙染 (c)背景海洋顏色變黑。



圖 40 (左)當偵測值大於臨界值，正常之多媒體畫面。(右)當偵測值小於臨界值，警告之多媒體畫面。

3.清水高度實驗

(1)實驗目的：觀察水面與光纖距離越近，A0 相對電壓值的變化。

(2)實驗過程：

A.水箱中倒入 100 ml 的水。

B.將安裝光纖與 LED 的浮板架在水箱上(如圖 35)。並連接到紙箱內的 UNO 板、麵包板與光敏電阻，連接到電腦端(如圖 34)。

C.加入 10ml 水於水中，紀錄電腦端 A0 相對電壓值。

D.重複步驟 C。

(3)實驗結果：

如圖 41 所示，水高度越高，越靠近光纖的接收端，反射光線進入光纖的量就增加，以至於光敏電阻值降低，由分壓定律公式(2)，A0 電壓升高，與實驗結果相符。此外比較圖 37、圖 41，發現同一高度的 A0 電壓值，清水的 A0

電壓明顯高於墨汁的 A0 電壓，再次說明清水反射更多的光線進入光纖與光敏電阻，使得光敏電阻值降低，由分壓定律公式（2），A0 電壓升高。

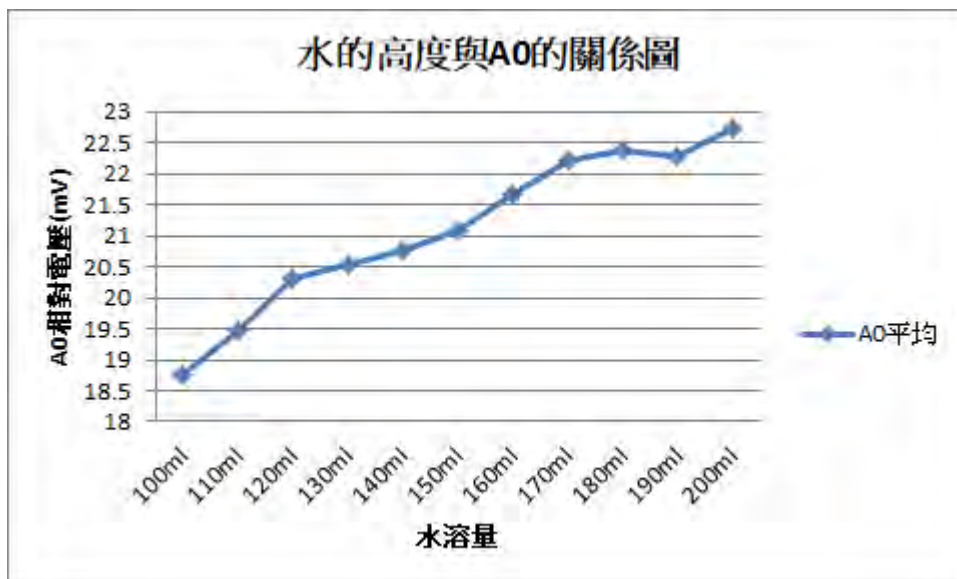


圖 41：水面高度與 AO 相對電壓關係圖

小結：本實驗主要目標是偵測水域混濁，透過光纖與光敏電阻偵測周圍環境光線的變化，偵測所在水域的汙染。從第 2 個實驗(定量墨汁實驗)與第 3 個實驗(清水高度實驗)，確認本水域混濁偵測裝置的穩定再現性，在第一個實驗中(墨汁汙染實驗)，發現本裝置可以有效辨認水域混濁。此外，針對汙染警報的程式設計，使用了 Scratch 的動畫顯示功能，使得汙染偵測兼具了科學準確與多媒體趣味的多重功能。接下來本系統將透過藍芽傳輸，將汙染偵測訊號傳達至手機。

(六) 遠端水質監測 App

本遠端水質監測 App 使用 AppInventor 程式設計平台，程式主要參考「用 S4A(Scratch for Arduino)：玩出科技創意大未來」第 6 章。設計分為使用(顯示)頁面與程式設計介面兩種。

1.設計頁面：如圖 39，遠端水質監測 App 具備顯示汙染數值與動畫之功能。



圖 42 遠端水質監測 App 操控介面

2.程式設計介面—App 程式重點介紹：

將酸鹼鹽、油汙、混濁度數值的腳位設為 A0、A1、A2：

酸鹼鹽:

油汙:

混濁度:



當數值大於或小於標準值時，呼叫[警報器程式]，如果數值沒有大於或小於標準值時，呼叫[不撥放警報器程式]。

酸鹼鹽:

油汙:

混濁度:



當呼叫[警報器程式]，撥放警報並讓 APP 上的怪物出現。

酸鹼鹽:

油汙:



混濁度:

```
to co2alarm2
do
  call Player1 .Start
  set ghost2 .Visible to true
  set global alarm_Time2 to (get global alarm_Time2 + 1)
```

當呼叫[不撥放警報器程式]，不讓 App 上的怪物出現，且不撥放警報聲音。

酸鹼鹽:

```
to no_co2alarm
do
  set ghost .Visible to false
  call Player1 .Stop
```

油汗:

```
to no_co2alarm3
do
  set ghost3 .Visible to false
  call Player1 .Stop
```

混濁度:

```
to no_co2alarm2
do
  set ghost2 .Visible to false
  call Player1 .Stop
```

透過方位判斷(latitude,longitude,altitude)，來導引馬達前進

```
when LocationSensor1 .LocationChanged
  latitude longitude altitude speed
do
  if (absolute 25.06654 - get latitude) > 0.00034
  then
    call setPin pin 5 value 255
    call setPin pin 10 value 255
    call setPin pin 11 value 0
    call setPin pin 6 value 255
    call setPin pin 12 value 255
    call setPin pin 13 value 0
```


伍、研究結果與討論

透過 4 代的船體研發，本系統研發之多功能水上 iRobot，具有 1.穩定行進。 2.可偵測水域污染狀況。3.利用太陽能為行進動力的船體。4.垃圾收集功能。實驗研究項目包含：一、太陽能板實驗二、船體實驗，三、水質監測實驗，四、Arduino 晶片與藍芽手機監控，研究結果與討論分述如下：

一、太陽能板實驗

太陽能板實驗的考量點有二：

- (一)長時供電：提供電力足夠讓船長期在水裡行進與收集垃圾。
- (二)環保綠能：使用乾淨能源—太陽能。

因此在電力規劃方面，考慮減速馬達的操作電壓在 3 至 9 伏特，先由太陽能板充電到 2 顆並聯鋰電池，工作電壓在 3.7~4.2 伏特，已可提供足夠的電流來驅動轉速馬達。透過太陽能充電與鋰電池放電至馬達的實驗，如圖 3 圖至圖 7 所示，目前已足夠供應船體行進之電力。

考量整體系統的持續操作狀況，以目前充電速率小於馬達放電速率的考量，可以做兩方面的規劃：

- 1. 靜止充電 1 小時，行進（可繼續充電）0.5 小時。在靜止時仍可透過水流或洋流，將垃圾帶進收集器內。
- 2. 選擇光電轉換率更高的太陽能板。
- 3. arduino 晶片與污染偵測，操作所需之電力，未來也可以再增加兩片同規格太陽能板，即可滿足電力需求。

二、船體實驗

船體實驗的考量點有三：

- (一)船體具備防水與平衡：初期船體傾斜是因重心不穩，第四代船體結構設計強調平衡與重心，改為為向後傾斜、前高後低的長方體，目前已經能平穩航行。
- (二)減速馬達提升前進扭力：當船體初期使用一般直流馬達，在水上前進的動力不足(幾乎不動)，我們蒐集了一些資料，發現減速馬達可增加扭力，有效克服水的阻力，前進較為順暢。如圖 43 所示為其工作原理，減速馬達透過小齒輪帶動大齒輪，以便將馬達的轉速降低，卻能提高輸出轉矩。
- (三)防止垃圾逆流閘門設計：於前進時為開啟狀態，方便垃圾搜集。後退時才關閉閘門，防止垃圾流出。

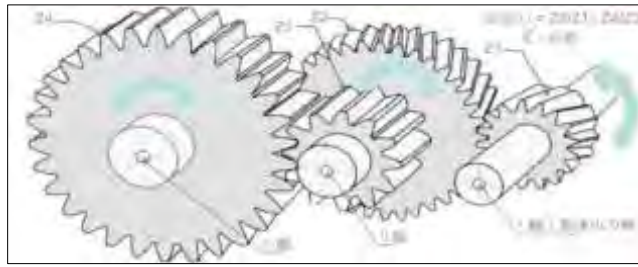


圖 43 減速馬達工作原理:透過小齒輪帶動大齒輪

三、水質監測實驗

「多功能水上 iRobot」除了在水上收集垃圾之外，也將做水質的即時監控與回傳，這部分主要是發現台灣的水污染，主要來自於油污與廢水傾倒，污染偵測功能的正常來自於：偵測現象的穩定與再現性及污染偵測的敏銳度。

透過多次實驗的修正改良，我們能夠滿足上述需求：

(一)污染偵測系統的穩定性：

1.光源穩定設計：

為精準判斷污染與否，本系統採取：(1)隔絕外界光源雜訊，封閉光發射與接收端。(2)採用低耗電高功率的 LED 光源。由圖 27、圖 30、圖 37、圖 41，知 LED 光線在系統中，不論是透過反射或透射，到達光敏電阻所產生的分壓 A0 值，具有穩定與再現特性，完全不受時間與外界環境干擾，可見偵測系統之穩定。

本系統光偵測所使用的光敏電阻，具備有便宜結構簡單的特質，其材料為硫化鎘 CdS，對應的接收波長以綠光左右為最敏銳，因此在光源會優先採用綠光 LED，以提升污染的辨識度。

2.透過純水校正、固定間距與幾何形狀的電極：取得電極在純水中之穩定分壓。其中電極穩定間距的設計，如圖 13 所示，在電極中採用固定厚度的隔板，並以竹筷固定電極，兼具便宜簡易特性。

3.由圖 17 結果中可知，面積最小(5*7 平方公分)的兩種材料(鋅或銅)電極，所造成的 A0 相對電壓都比其他種變化最大，也就是對於酸鹼污染的反應最明顯，特別是鋅片電極，當水質酸鹼 PH 值偏離中性 7 時，電壓偏離下降值最明顯。此外鋅片具有較便宜、不易氧化的特性，這都成為我們的污染警報偵測系統，因此本實驗酸鹼污染偵測系統，會採取這一個尺寸與鋅片材料的原因。

(二)污染偵測的敏銳度：

偵測污染的敏銳度主要在能夠正確的判斷污染與否，要考量：

- 1.將背景雜訊有效去除：隔離背景光源與雜訊，如圖 21 所示，我們使用光纖，將一個小密閉偵測空間裡面得到的訊號，傳到密閉的感應的電路板上。
- 2.分壓定律裡面的匹配電阻，不適當的匹配電阻，將使得污染發生時，A0 電壓變化很小，不容易判斷是否發生污染。由公式（1）、（2）知，配合實驗所使用的電極與水之等效電阻，以及光敏電阻，經計算以及實測，我們使用 3.3 K 歐姆的匹配電阻。

透過上述兩個做法，在各個實驗數據表中，皆發現污染發生時，數據都有產生明顯的變化，而且此變化隨著污染量增加成一正向關係。

(三)污染偵測的成果與下一階段實驗重點分析如下:

1. 當偵測的水域有酸、鹼、鹽物質污染時，其 pH 值、導電度及 A0 相對電壓會改變。越酸、越鹼時，A0 相對電壓值越小，是因為水域中離子數量增加，可以判定有污染與嚴重程度，但無法確認污染種類，此時可藉由本系統 App 警報通知公家單位前往處置，因此以實驗數據設定警報時機。當鹽類污染時，導電度亦會上升，導致 A0 相對電壓值也會變小，亦可發布警報，同時用更精密的儀器測量，區分是酸、鹼或鹽類物質污染。
2. 因為水域中常有藻菌類或其他因素影響水質，所以在監測水域水質前，可以先與環保單位合作，設定健康水質之標準，方便於遠端警報設定。
3. 偵測油污及混濁度的接線方式不同，為了避免誤判，採取(1)偵測混濁度：由水上光纖接收從水面反射光的亮度。(2)油污偵測：由水下光纖接收水上透光的亮度。如圖 27，當水域油污污染越嚴重時，A0 相對電壓值上升一飽和值。同樣地在混濁實驗中，如圖 30，當水域混濁污染嚴重時，A0 相對電壓值下降至一飽和值。由油污與混濁之飽和值，可以設定水污染達嚴重程度之臨界值。
4. 由純水與純墨汁的實驗中得知，當水面越靠光纖時，水面光纖接收到的光線越強，可以設計一浮筒與光纖接收位置之相對遠近，透過 A0 相對電壓值之變化，用來偵測潮汐水位。
5. 透過本船體長時間在固定水域的行進與偵測，可以針對該水域的(1)地形性污染分佈，(2)季節性污染分佈，甚至是(3)洋流與污染的關聯性，都可以作一個長時間的統計與分析，有利於污染的預防與解決，這個也是本研究後續可以努力的方向。

四、Arduino 晶片與藍芽手機監控

為了使船體行進與監測各司其職，本系統使用了 2 片 Arduino 系列晶片：

(一)Arduino UNO 板負責監控水質_電腦之動畫數據顯示：此部分透過 S4A 程式製作與顯示。並使 S4A、藍芽與遠端 App 數據傳輸(透過 AppInventor 程式製作，於手機顯示)。

(二)Arduino Mega 板作船隻驅動行進與垃圾收集：此部分透過 Arduino code 程式製作與執行。因為船隻驅動行進之動作簡易，透過網路與詢問專家，很快就上手，並且延伸應用至污染訊號偵測與收集，如圖 14 所示。

陸、結論

「多功能水上 iRobot」應用光電與機械物理原理製作出具水質監控之船體，透過實地檢測，已經成功地發展出可遠端監控水質的垃圾收集船，達到智慧生活與環境保護的便利性。其重要性有：

- 一、海洋減塑運動：本系統未來將以收集海上塑膠品為主，透過洋流或水流進入收集器內，可有效降低海上塑膠垃圾。
- 二、動畫式遠端水質監測：實驗結果汙染與 A0 電壓呈現固定的趨勢變化，有利於我們應用於臨界值設定，可於遠端手機與電腦以動畫顯示。
- 三、環保綠能材料：使用太陽能板和可重複充電的鋰電池做為電力來源，更具有節能環保的優點。
- 四、小學綠點子創客：由國小學生應用平日知識技能，上網蒐集相關資訊，發展出來的搜集垃圾及水質監測系統，電路連接簡單，可即時回報水質以及攜帶方便的優點。
- 五、推廣容易：本監測系統所使用的軟體都屬於開放軟體，其中 Scratch/ AppInventor 程式更是近年中小學生熟悉操作的積木程式，除推廣容易，更可大幅降低製作成本與門檻。
- 六、科普研究與推廣：本研究透過雲端教室（Google classroom）與網頁製作，紀錄問題解決歷程，以及所學習到的科學知識跟創客技能，發布於網路上，可作為其他中小學生科展歷程的學習典範。

未來我們將以提升船體電力來源、有效分類污染監控，與水域污染大數據分析作為發展重點。

柒、參考資料與其他

- 一、綠色和平與荒野保護協會與全臺首度快篩調查 (2018/08/02) .綠色和平.取自:
<http://www.greenpeace.org/taiwan/zh/news/stories/oceans/2018/fast-screening/>
- 二、the ocean cleanup 取自: <https://www.theoceancleanup.com>
- 三、水質檢測 DIY 與自製濾水器的探究，嘉義市第二十八屆中小學科學展覽會作品。
- 四、海洋救星 - 水中漂浮垃圾回收桶，全國中小學科展第 58 屆得獎作品。
- 五、基本程式語法教學 取自: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
- 六、鄧文淵 (2014)用 S4A(Scratch for Arduino)：玩出科技創意大未來 . 碁峰。
- 七、太陽能電池安裝角度與電能輸出之研究 沈仲晃 著作 取自:
<http://ir.lib.ntust.edu.tw/retrieve/50862/The+Effects+of+the+Solar+Module+Installing+Angles+on+the+uoutput+Power.pdf>
- 八、中華民國 101 年 10 月 12 日行政院環境保護署環署水字第 1010090770 號令修正發布第二條、第五條、第六條條文・「放流水標準」，取自：
http://general.thu.edu.tw/ep/files/archive/68_7c24a138.pdf
- 九、電器接線標準 取自: <https://kknews.cc/news/5b39v2l.html>
- 十、馬吉德・馬吉(Majed Marji)，譯者：于欣龍,李澤，，用 Scratch 學程式！：融合遊戲、藝術、科學、數學的視覺化導引，五南出版，2017/09/28
- 十一、陳會安，Scratch 2 + S2A 程式邏輯與 Arduino 創客訓練課，松崗，2016/5/16
- 十二、李春雄，程式邏輯訓練從 App Inventor 2 開始，上奇資訊，2016/11/29
- 十三、趙英傑，超圖解 Arduino 互動設計入門(第 3 版)，旗標，2016/12/22
- 十四、文淵閣工作室，手機應用程式設計超簡單：App Inventor 2 初學特訓班(中文介面第三版)，碁峰，2018/02/12

【評語】 082810

1. 透過製作水上 iRobot，朝向收集水上垃圾及監控水質目標，以環境保護為出發點，值得鼓勵。
2. 自行設計之河川垃圾收集器，運用鋅銅片測試酸鹼值與光敏電阻測試油污實驗，而不是使用既有模組，具有科學實驗精神。
3. 能量來源透過太陽能，是否足夠，需要有能源管理計算；機器人如何有效收集垃圾可再詳細說明。

摘要

「多功能水上iRobot」利用超音波感測器控制船體行進路線、電動閘門控制垃圾搜集、光纖偵測油污與混濁度、自製酸鹼探針測量pH值。已獲得污染偵測之對應物理相關數值，此污染臨界值具穩定與再現性，並可將污染監控成果透過藍芽傳送至電腦與手機，達到遠端監測水質與搜集垃圾的目的。此外透過太陽能板、充電鋰電池，可使船體長期在水上運作，達到環保節能的目標，目前已於校內水池測試成功，預期可推廣至其他水域。

壹、研究動機

近年來海洋垃圾污染造成生物死亡的情況屢見不鮮，同樣的，我們看到流經學校圍牆邊，至今仍灌溉香山區農田的汀甫圳，常有垃圾漂浮在上面，圳道旁的住家、工廠，將它當成排水溝，這樣的景況令我們怵目驚心。因此，我們期盼能製作出成本低、操作方便的「水上 i-Robot」，它應該具有：

- 一. 便利性：**只要開啟電源後放入水中，機器就能自行運作。
- 二. 環保性：**使用太陽能板和可重複使用的鋰電池做為電力來源，具有節能環保的優點。
- 三. 科學性：**透過實驗培養對科學的態度，如觀察、提問、擬定步驟、搜尋知識與團隊合作等。
- 四. 教育性：**應用國小程度可理解與設計的技能，結合中小學自然科學與程式，製作簡單實用機械裝置。
- 五. 創客性：**使用自製偵測污染與驅動裝置，如：馬達、太陽能板、光敏電阻、超音波、酸鹼偵測、光纖偵測器，將偵測訊號傳送至電腦與手機 APP，可作為遠端監控。
- 六. 趣味性：**將所偵測的物理數值，透過 Scratch 程式轉換為多媒體動畫，吸引更多人關注環保議題。

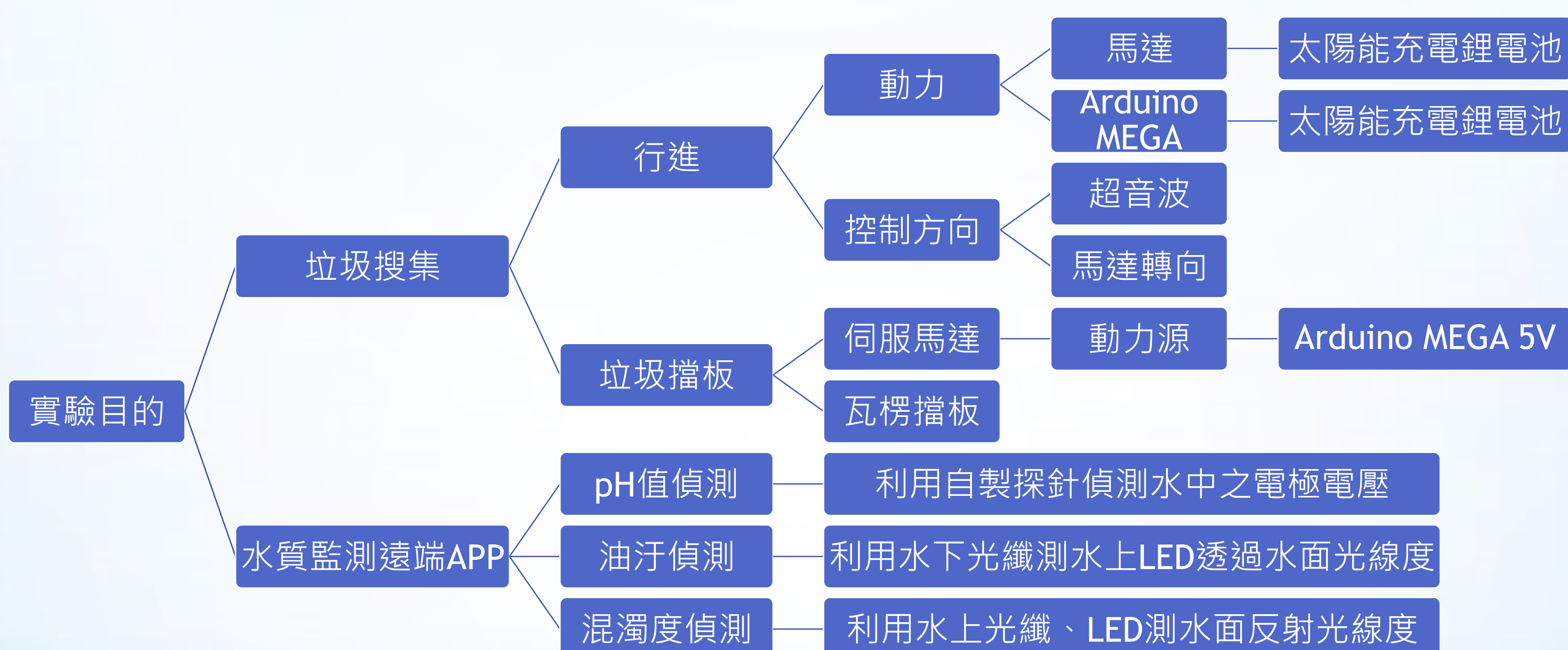
貳、研究目的

- 【研究一】** 環保供電，利用太陽能板充滿電力的鋰電池能夠持續供給馬達運轉。
- 【研究二】** 製作船體能搜集水面上垃圾，改良馬達與葉扇，並用程式控制其前進後退方向與閘門的開關。
- 【研究三】** 水質檢測，模擬油污、混濁度與相對電壓的關係，並檢測pH值。
- 【研究四】** 遠端控制及監測水質，結合簡單電路與程式，連結手機APP，發出警報與動畫畫面。

參、主要研究設備與器材

Arduino MEGA 板、S4A 積木、S4A APP、光纖、排線、自製探針 (使用鋅片與銅片測 pH 質)、麵包板、Arduino 傳輸線、鋅片、硬線、太陽能板、伺服馬達、光敏電阻、Arduino 超音波、電阻、減速馬達、鋰電池 18650、鋰電池充電座、pH 測試筆、pH 校正液、玩具車輪等等。

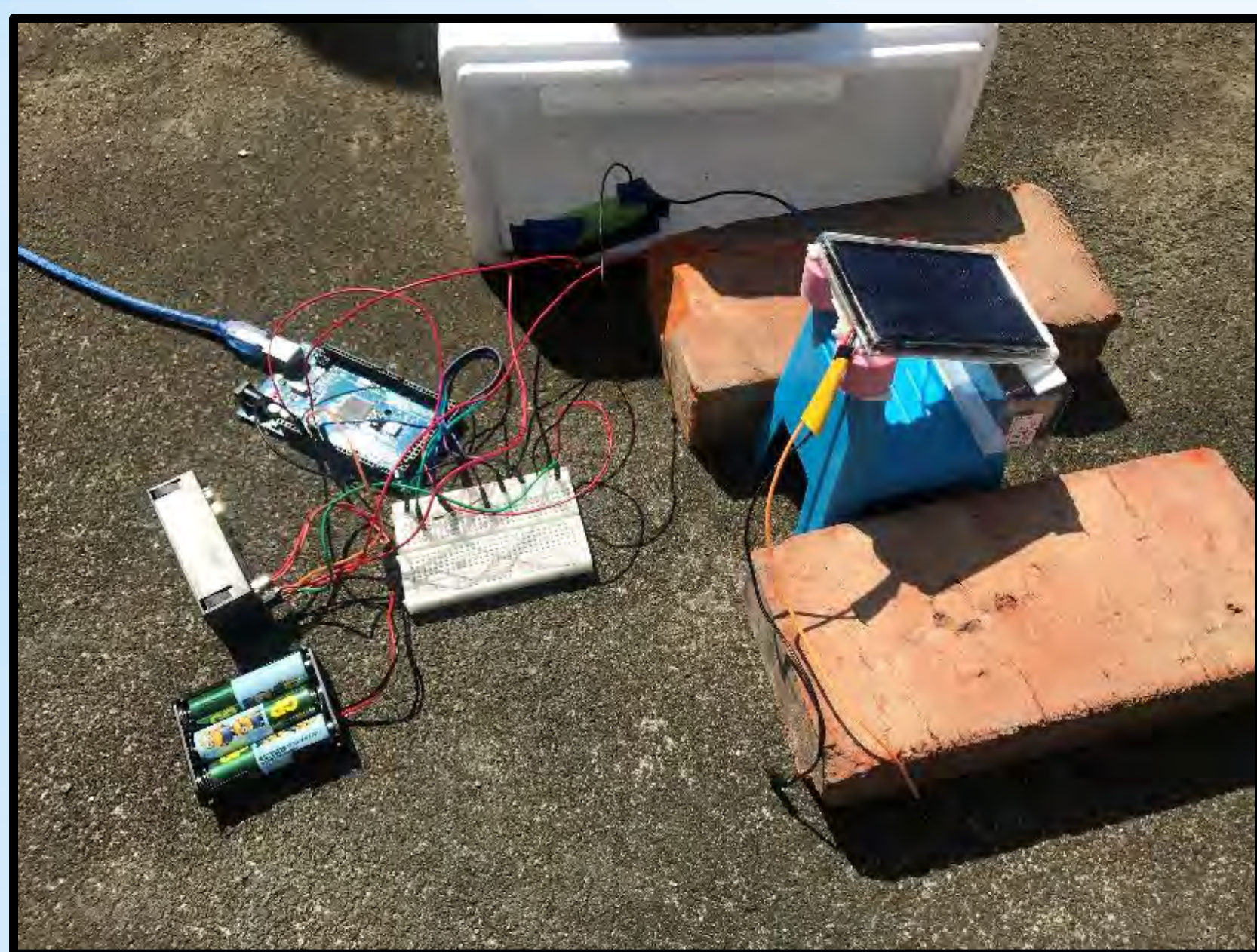
肆、實驗過程與方法



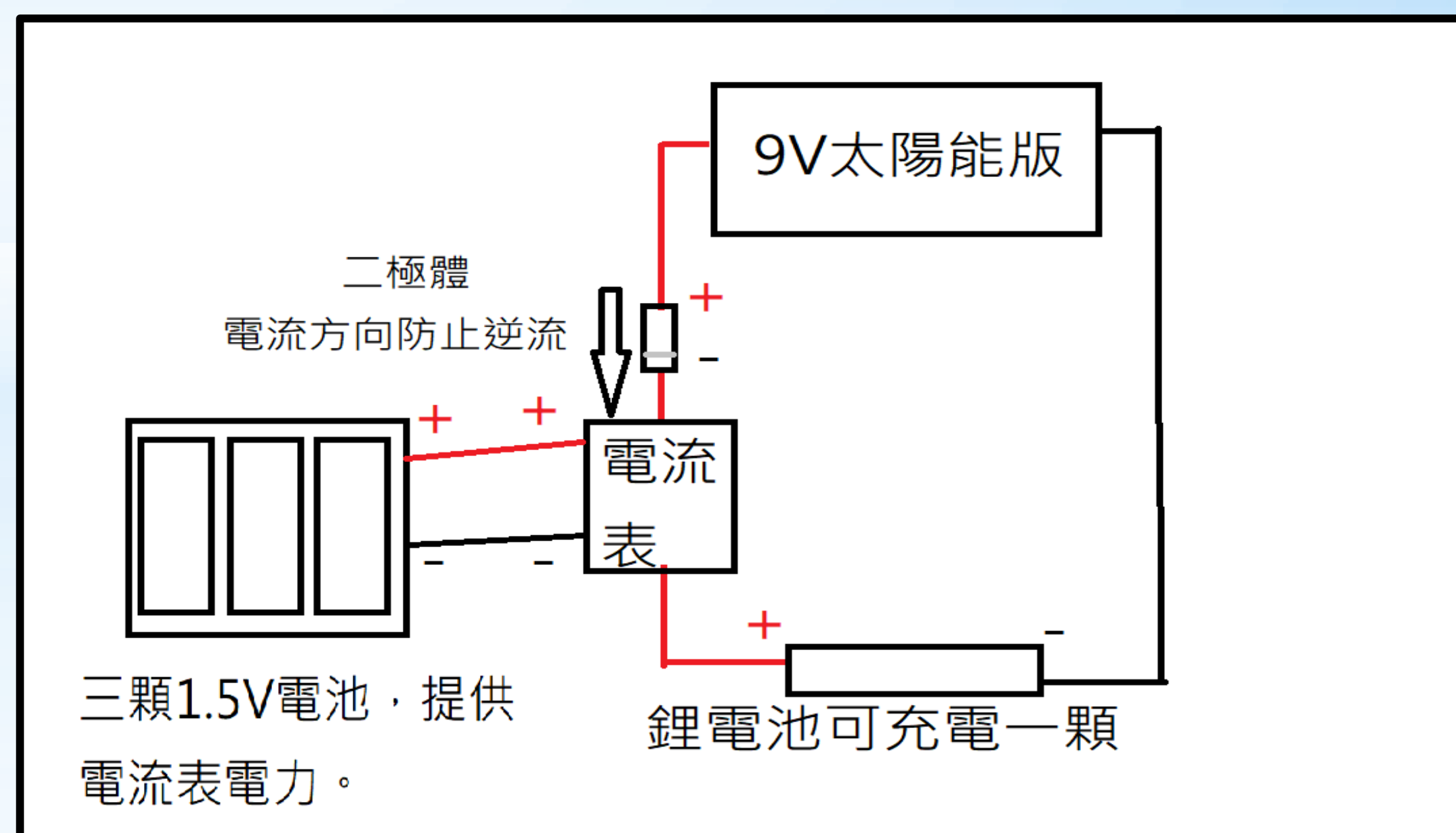
一、太陽能板實驗

(一) 太陽能板電壓實驗：

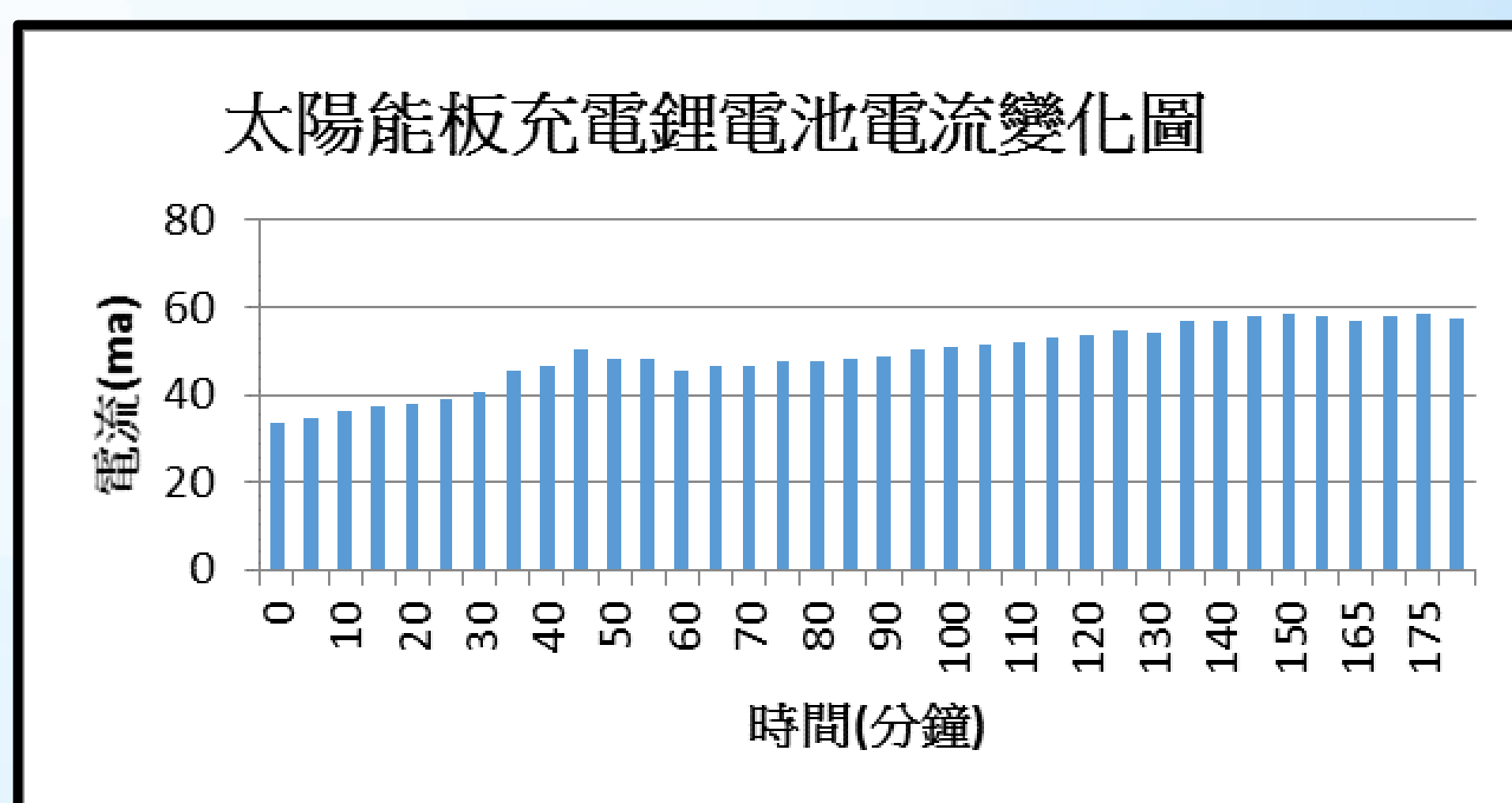
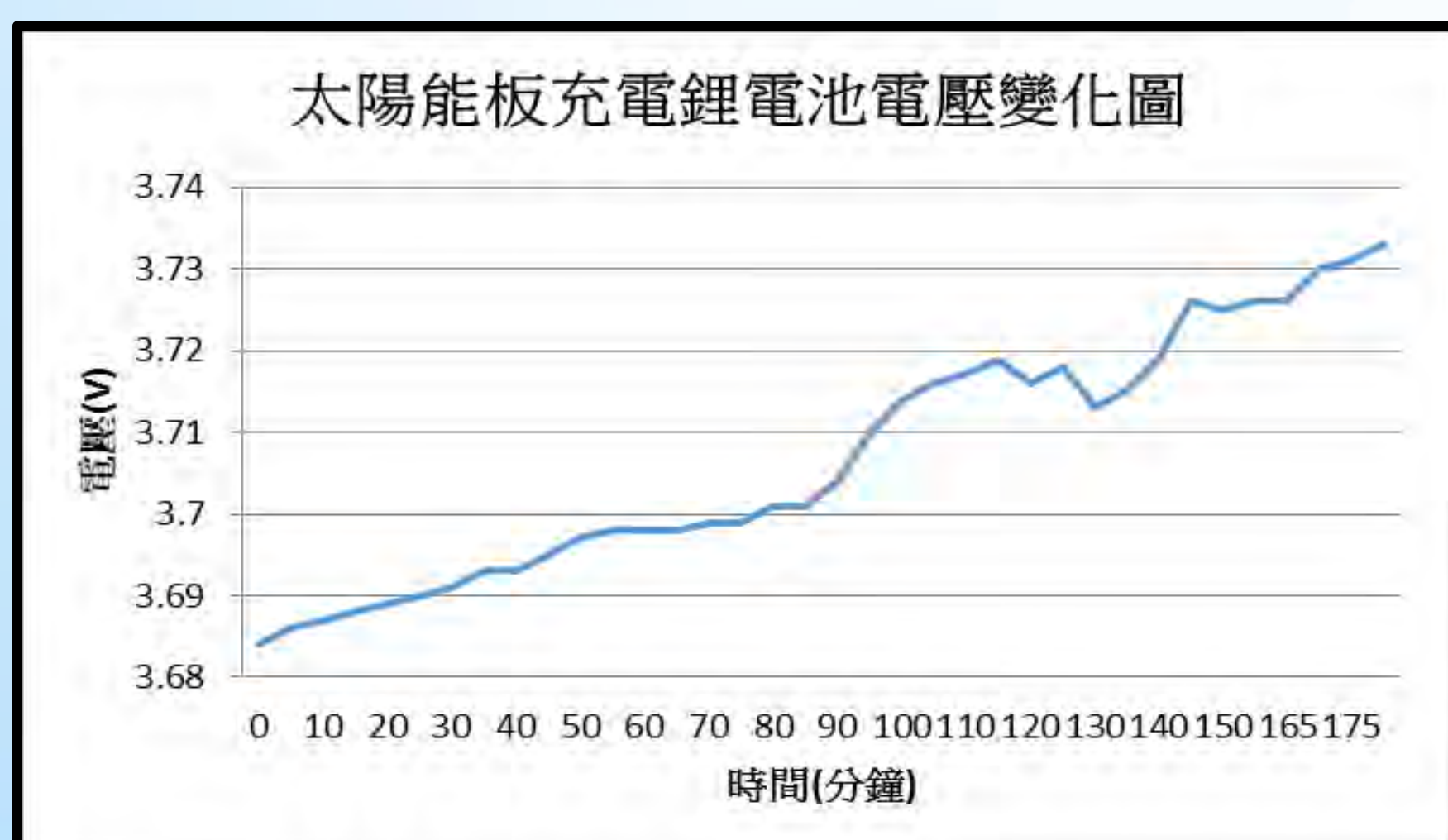
1. 實驗過程照片

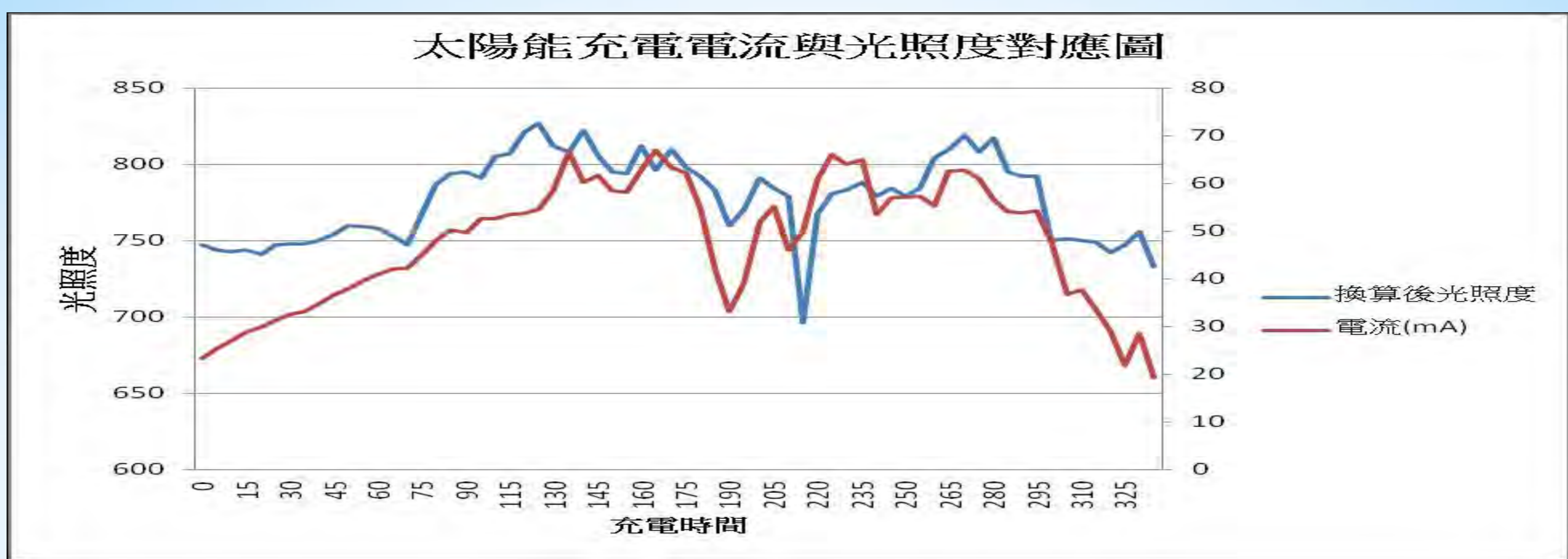


2. 實驗電路設計示意圖：



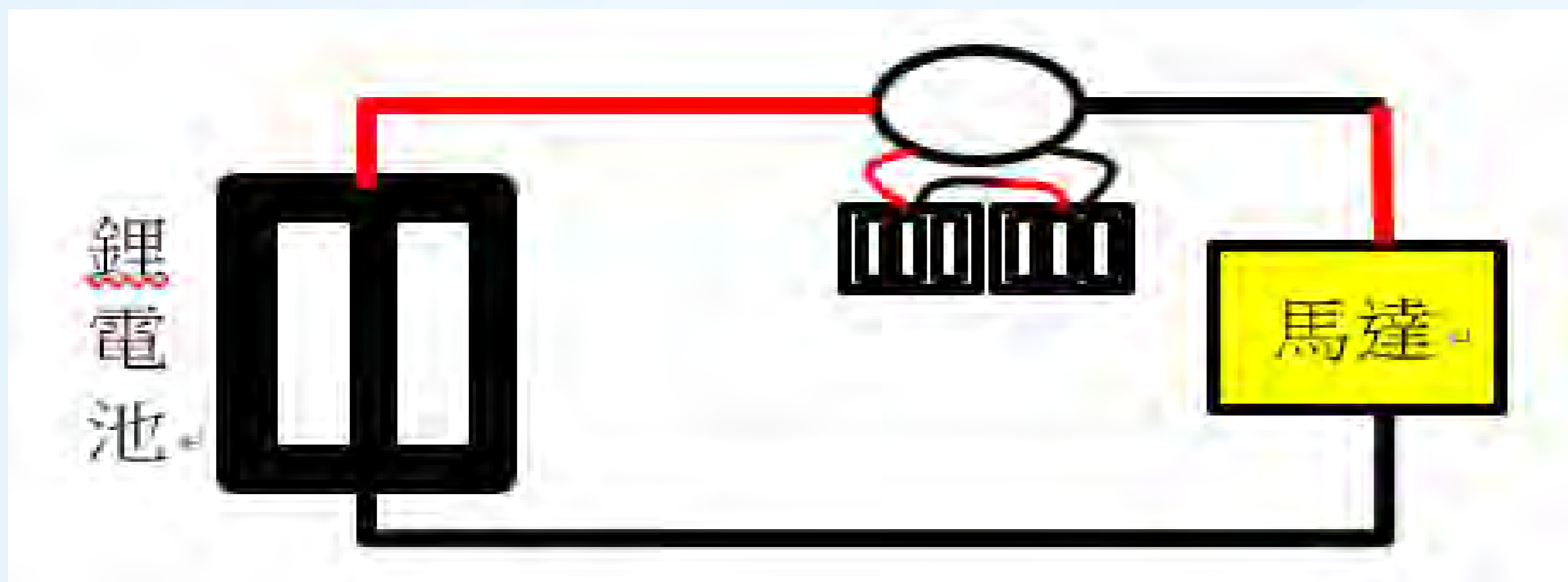
3. 實驗結果：



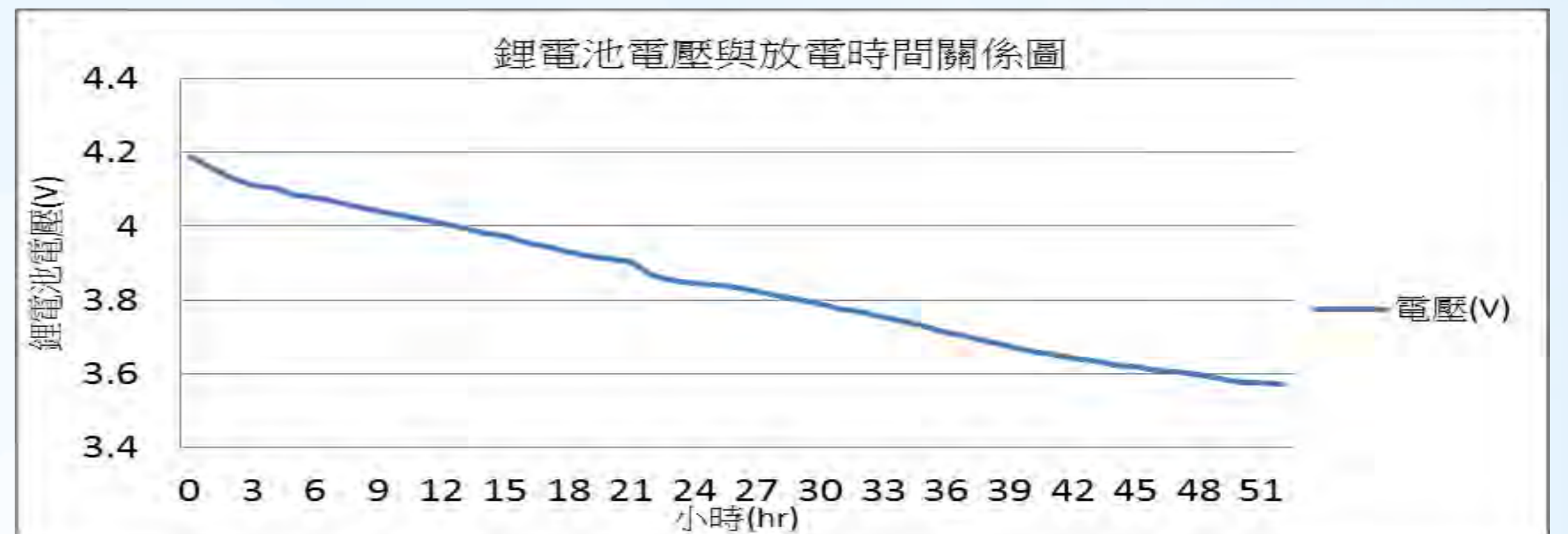


(二) 鋰電池放電實驗

1. 實驗電路設計示意圖：



2. 鋰電池電壓與放電時間關係圖

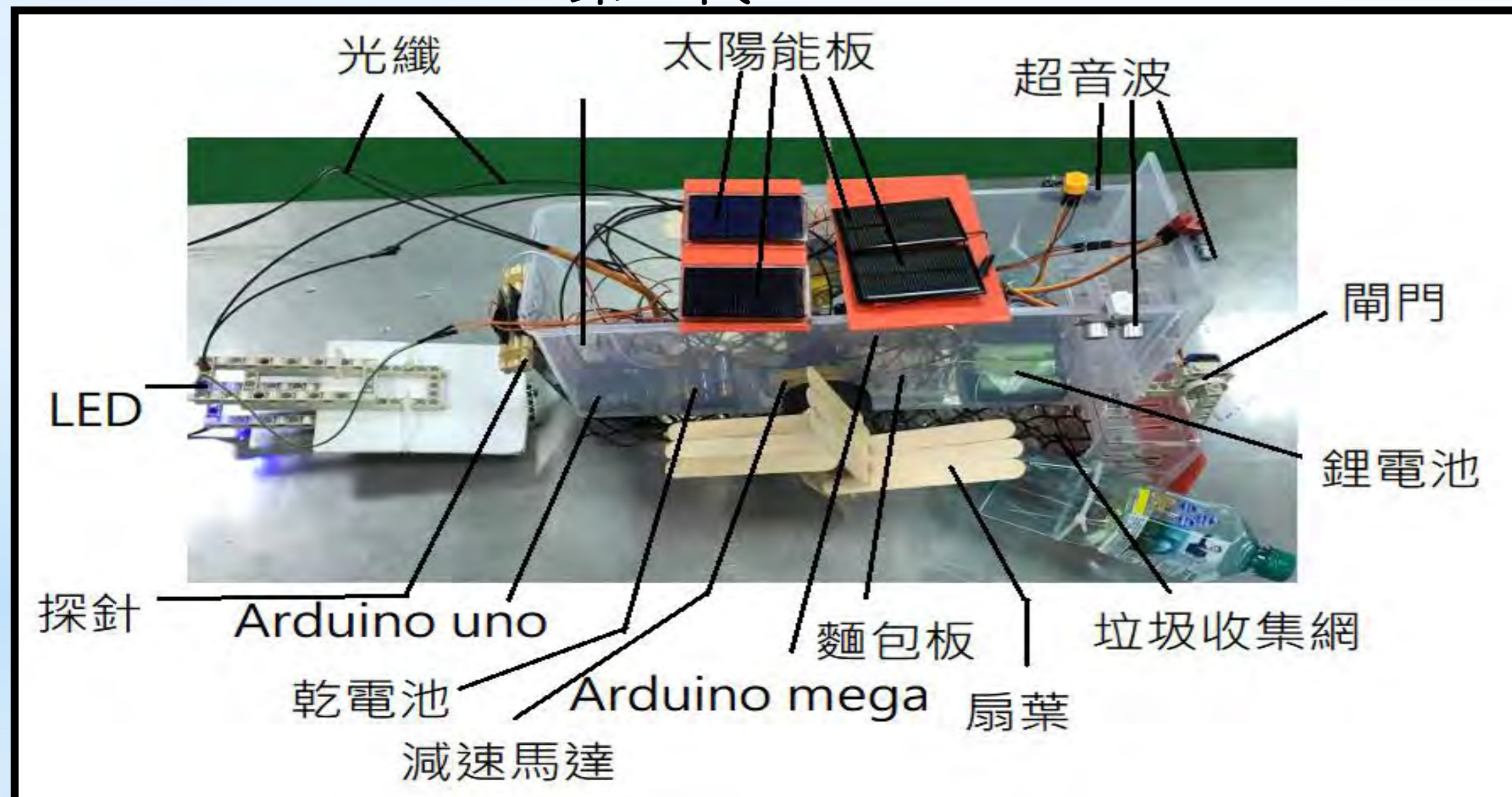


小結：利用1個太陽能板對一個鋰電池充電，觀察充電電壓隨著充電時間而增加，從3.68伏特充電到3.733伏特，需要充電3個小時。對照兩顆並聯鋰電池對馬達耗電實驗，由3.73伏特放電到3.68伏特，需要3個小時。由此估計太陽能充電速率略低於放電速率，因應較慢的充電速率，可以對於船體運動採取前進與停止交替進行。另外我們在做了一次電流與光照度關係的實驗，發現當光照度越強，太陽能板充電電流越大。

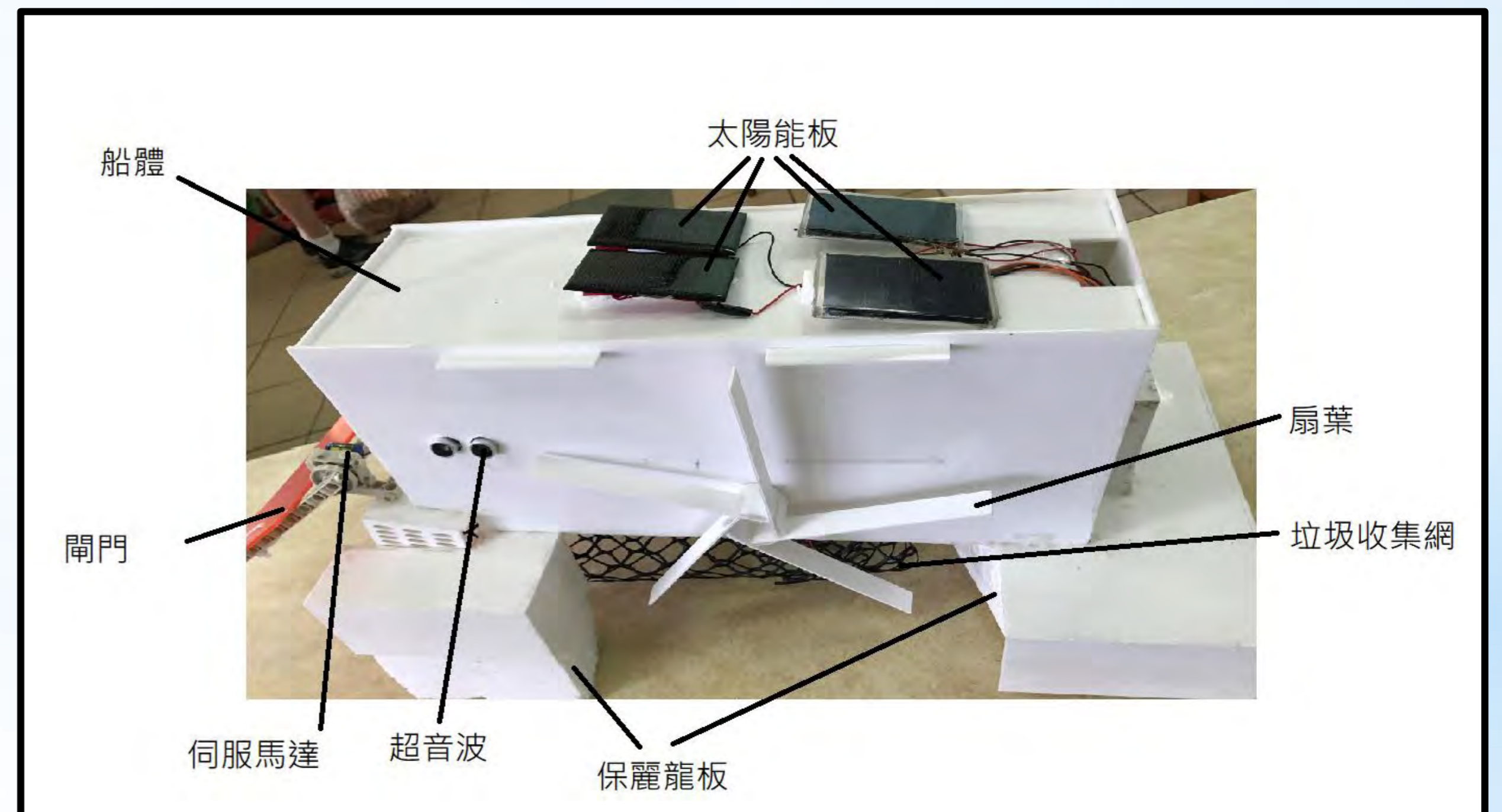
二、船體實驗

船體設計實驗中遇到許多問題，例如漏水問題、扇葉吃水問題與馬達扭力問題等等，經過不斷改版，我們設計出了下圖中這台水質監測與垃圾搜集船。

第四代

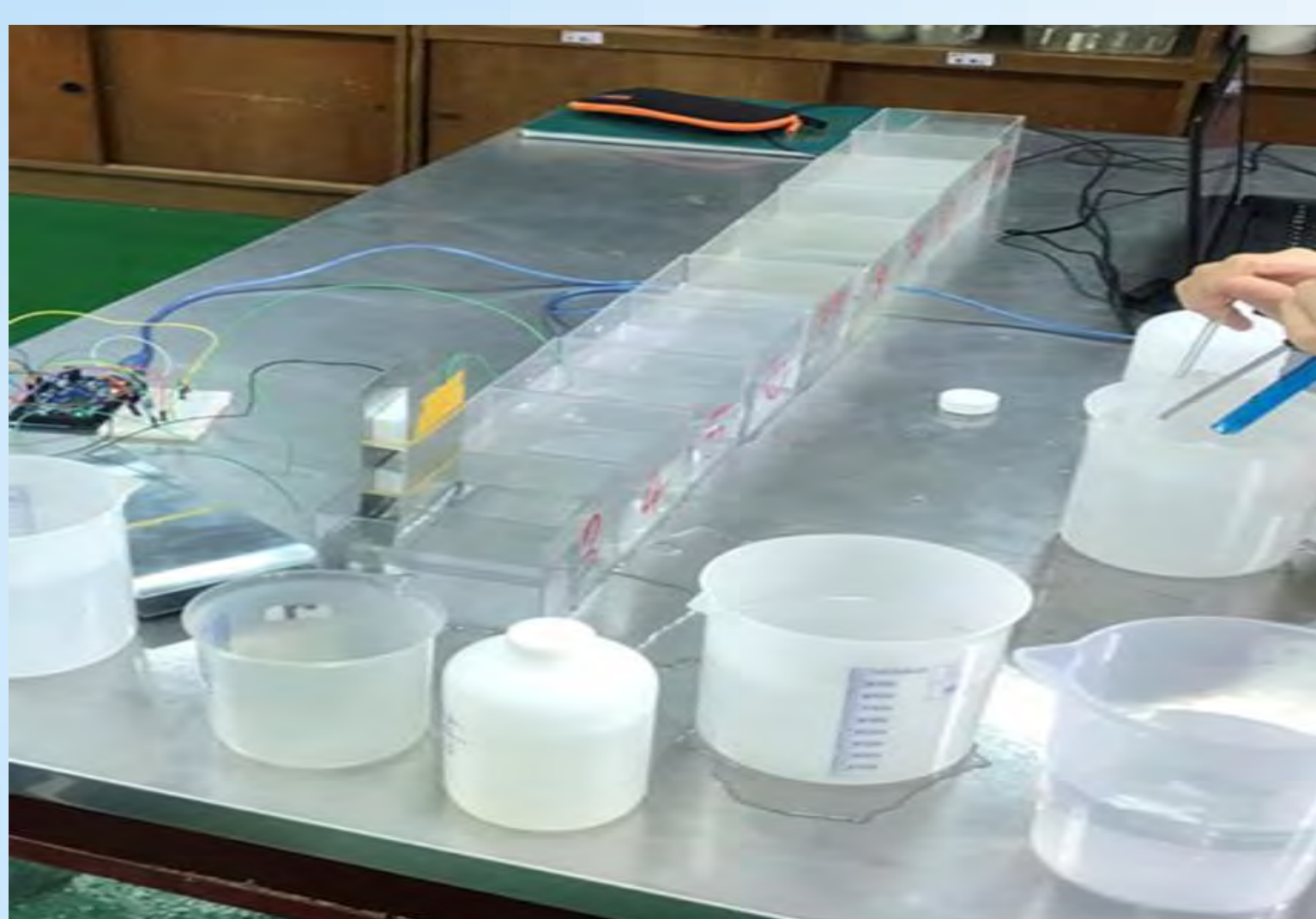


第五代



三、酸鹼實驗

(一) 實驗過程照片

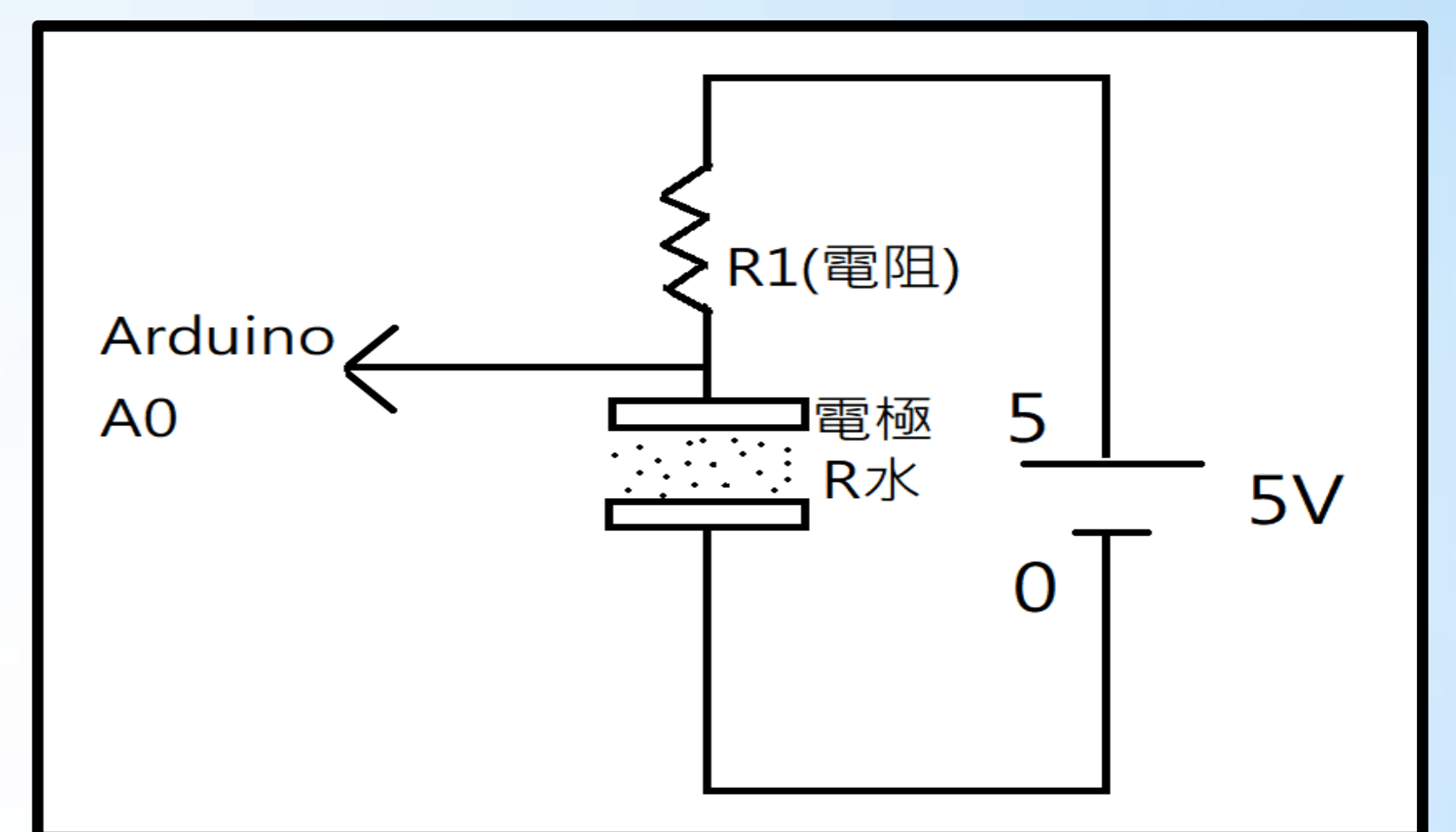


用pH檢測筆調出 pH3~pH11飽和水溶液



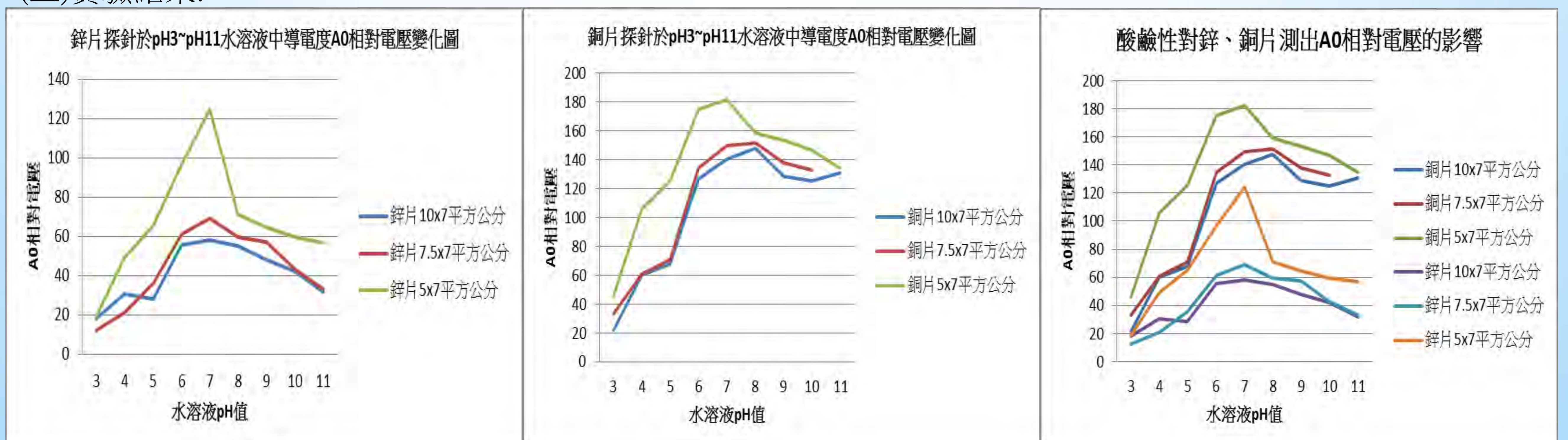
利用自製探針測水溶液 pH3~pH11之電極電壓A0

(二) 實驗接線示意圖



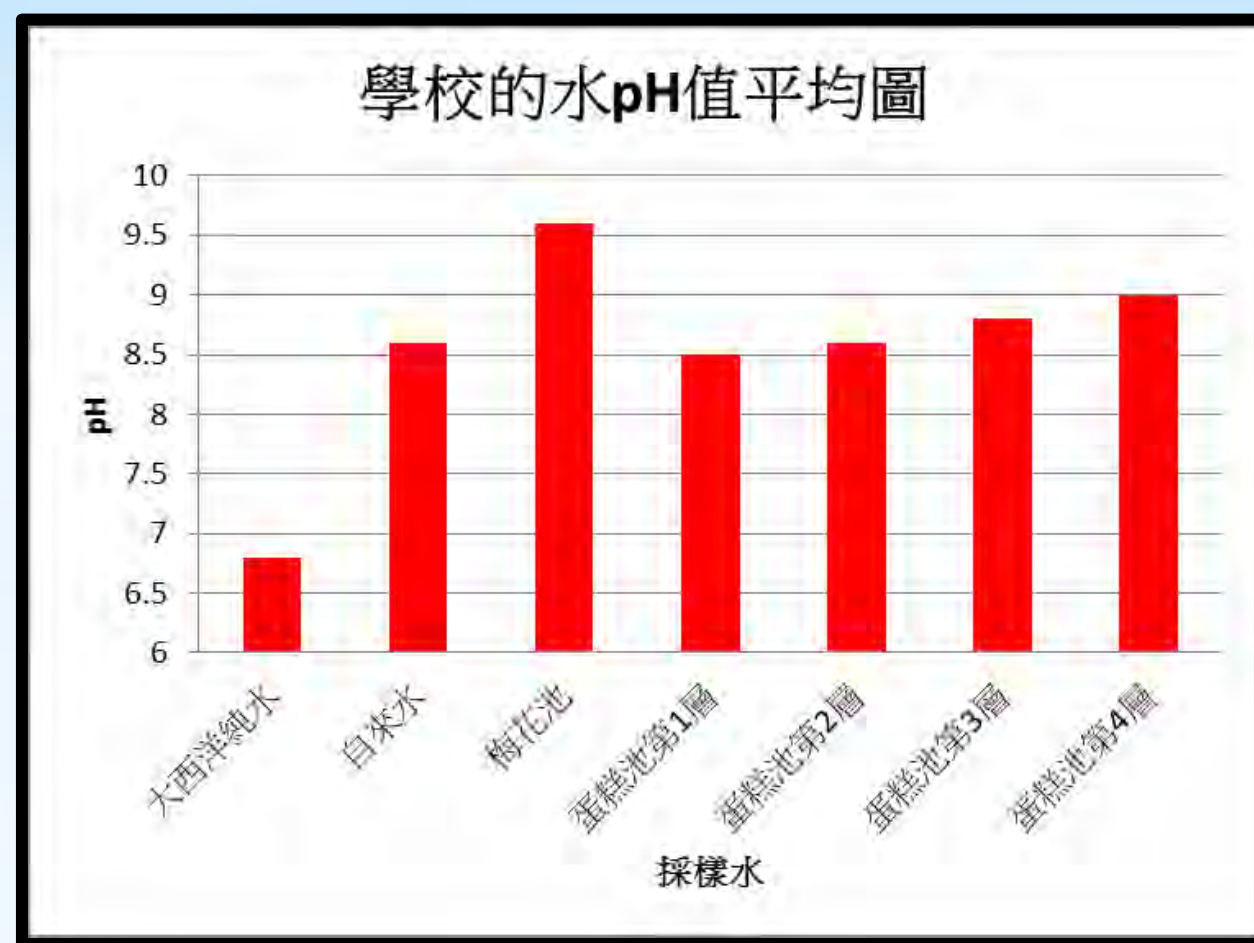
$A0(\text{電極分壓}) = 5 * R_{\text{水}} / (R1 + R_{\text{水}})$
， $R_{\text{水}}$:代表電極中水溶液之電阻值

(三) 實驗結果:



討論：1. 電極截面積：截面積越大，越容易導電，電阻越小，所造成的A0電壓越高。
2. 酸鹼度：純水pH等於7，導電離子最少，電阻最高，由分壓公式知電極分壓A0最高。

校內採樣水數據:

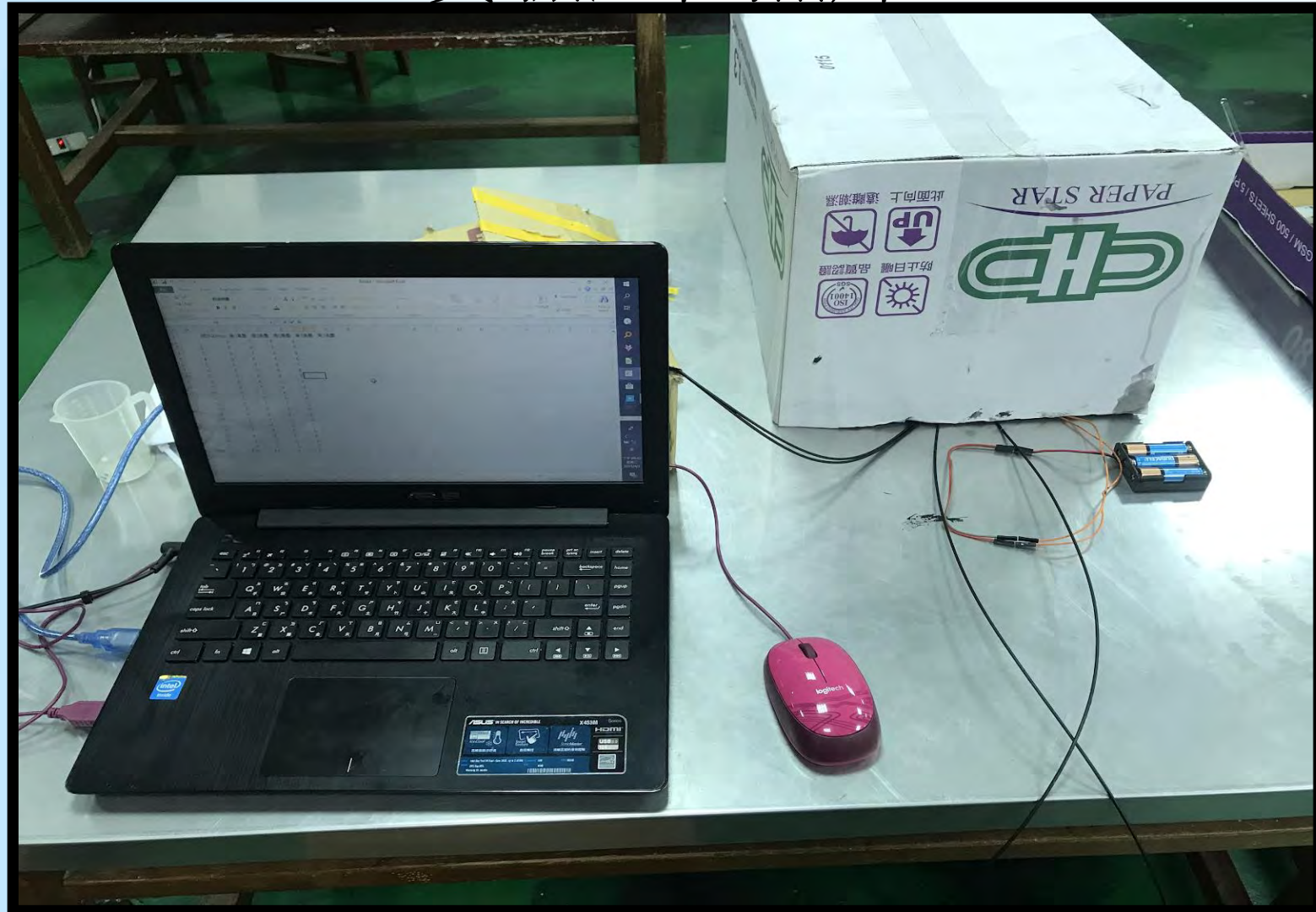


小結：純水其pH值低於其它池水，顯示純水導電離子較少，電阻較大，由分壓定律知A0相對電壓值越大，與實驗結果相符。

四、混濁度實驗

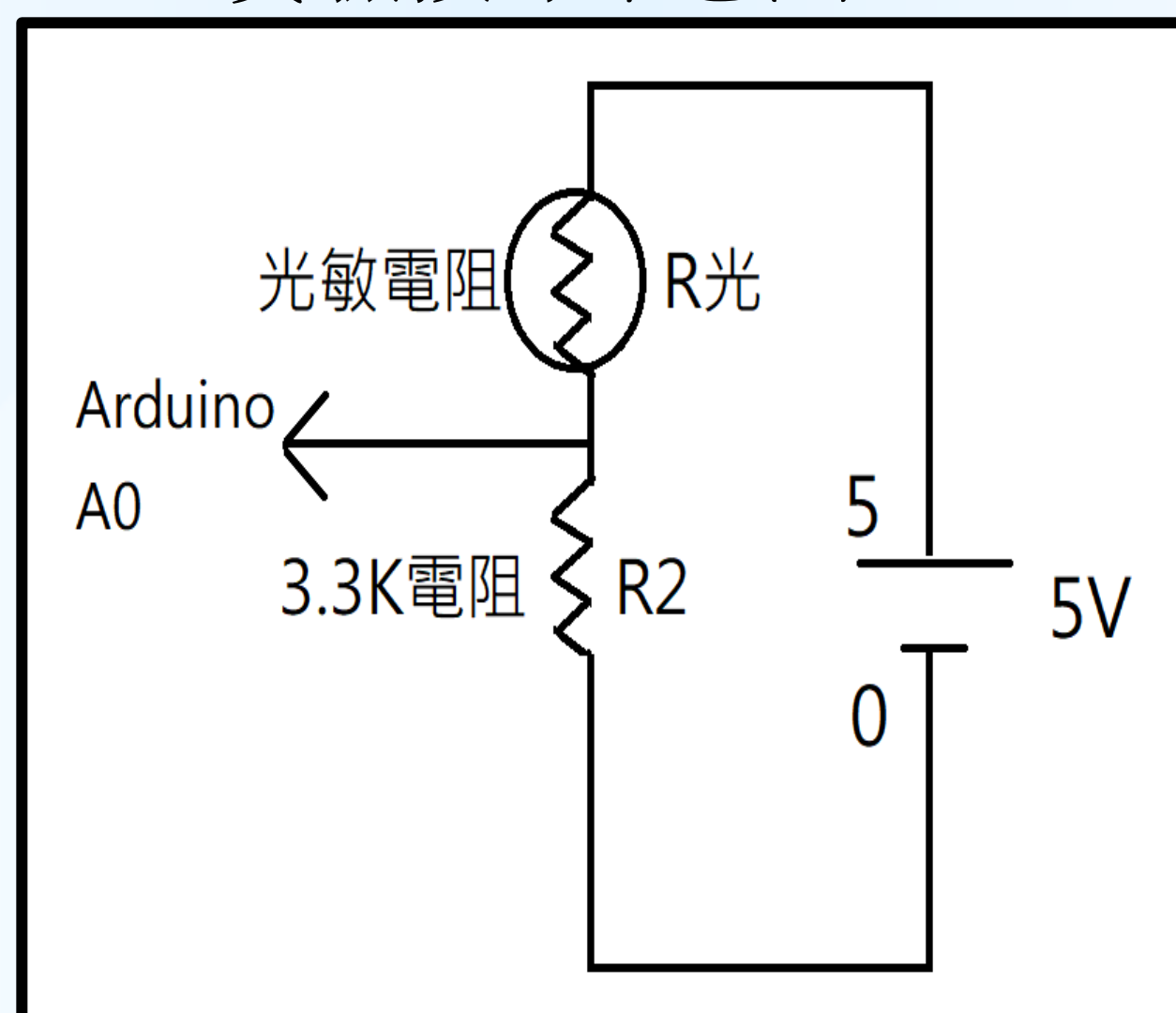
(一)墨汁汙染實驗

1. 實驗過程照片



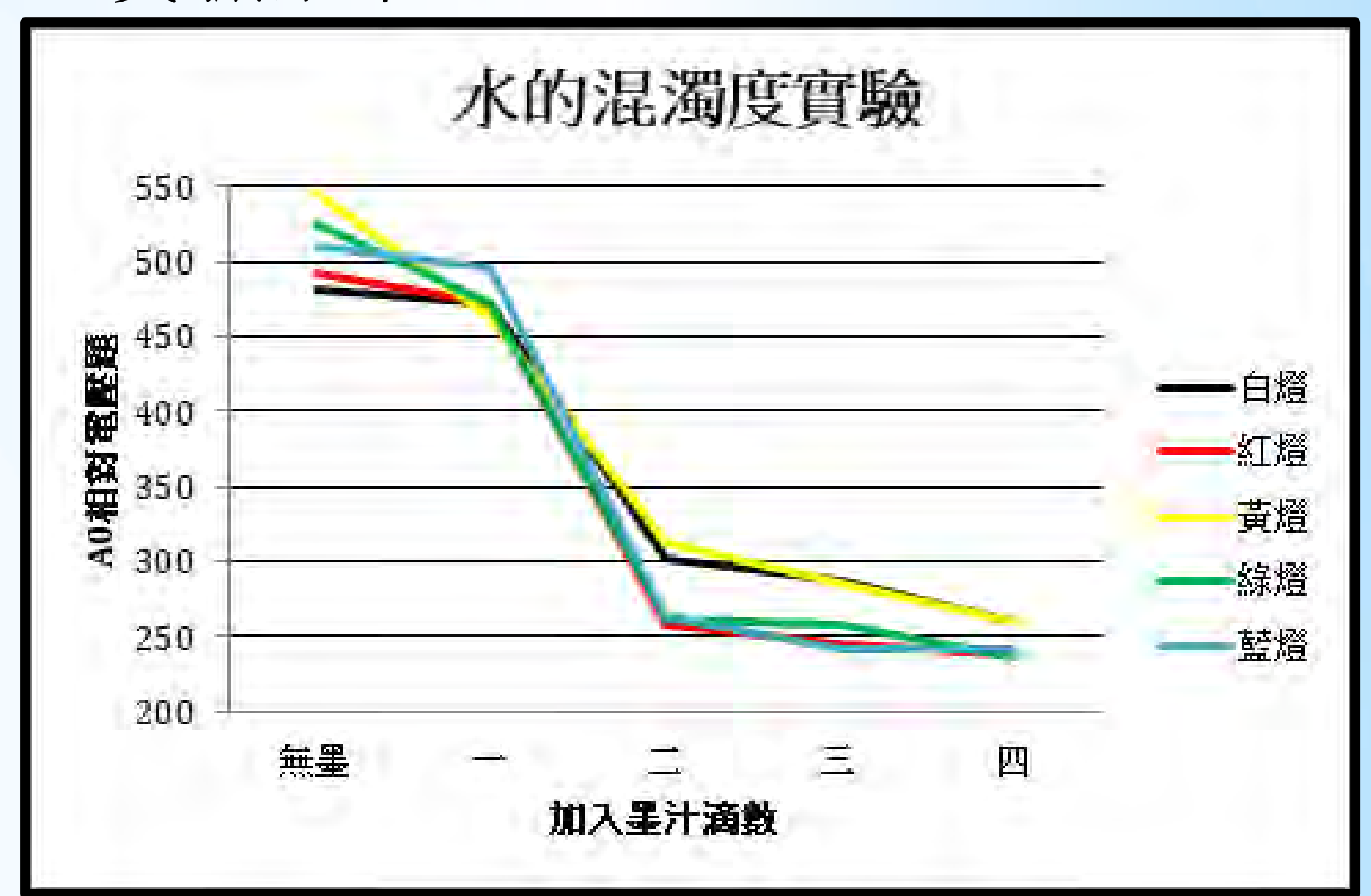
混濁度實驗裝置圖

2. 實驗接線示意圖



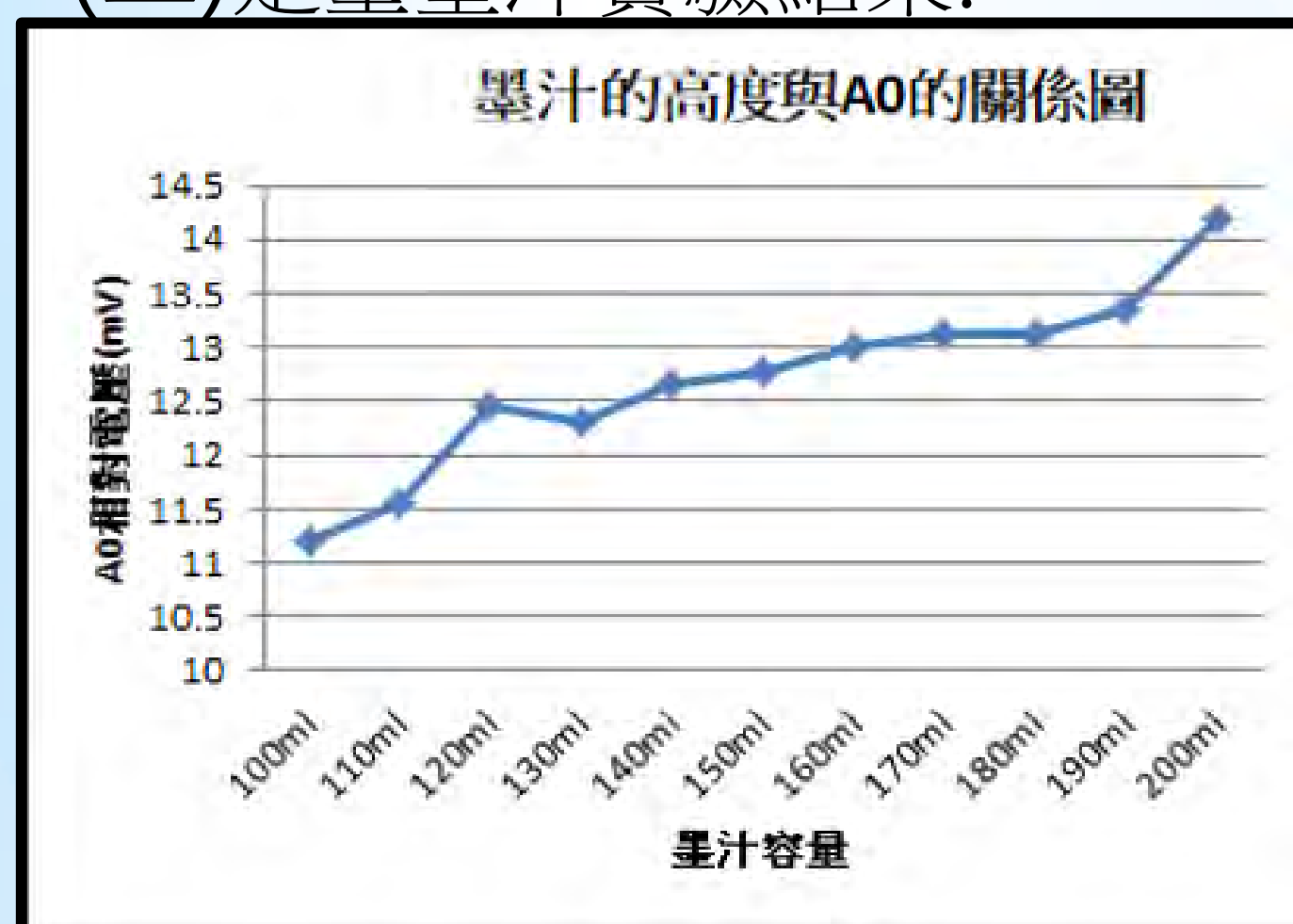
$A0(\text{電極分壓}) = 5 * R2 / (R2 + R_{\text{光}})$ ， $R_{\text{光}}$:代表光敏電阻之電阻值， $R2$:3.3k 歐姆。

3. 實驗結果:

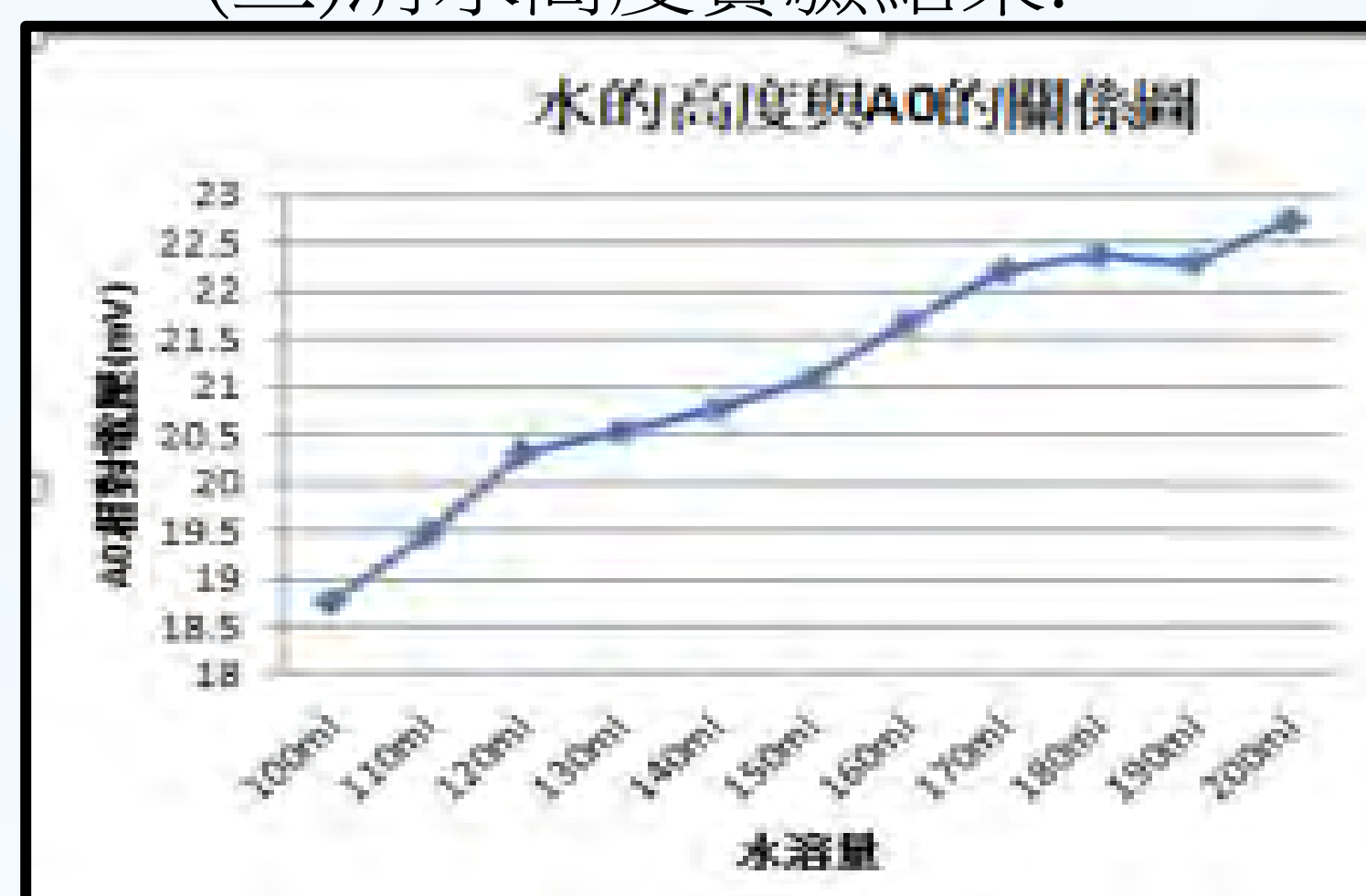


當水溶液的混濁度越來越大時，光敏電阻值($R_{\text{光}}$)升高， $A0$ 電壓隨著下降。

(二)定量墨汁實驗結果:



(三)清水高度實驗結果:



小結：從定量墨汁實驗與清水高度實驗，確認本水域混濁偵測裝置的穩定再現性。

五、油汙透光度實驗

(一)實驗過程照片:

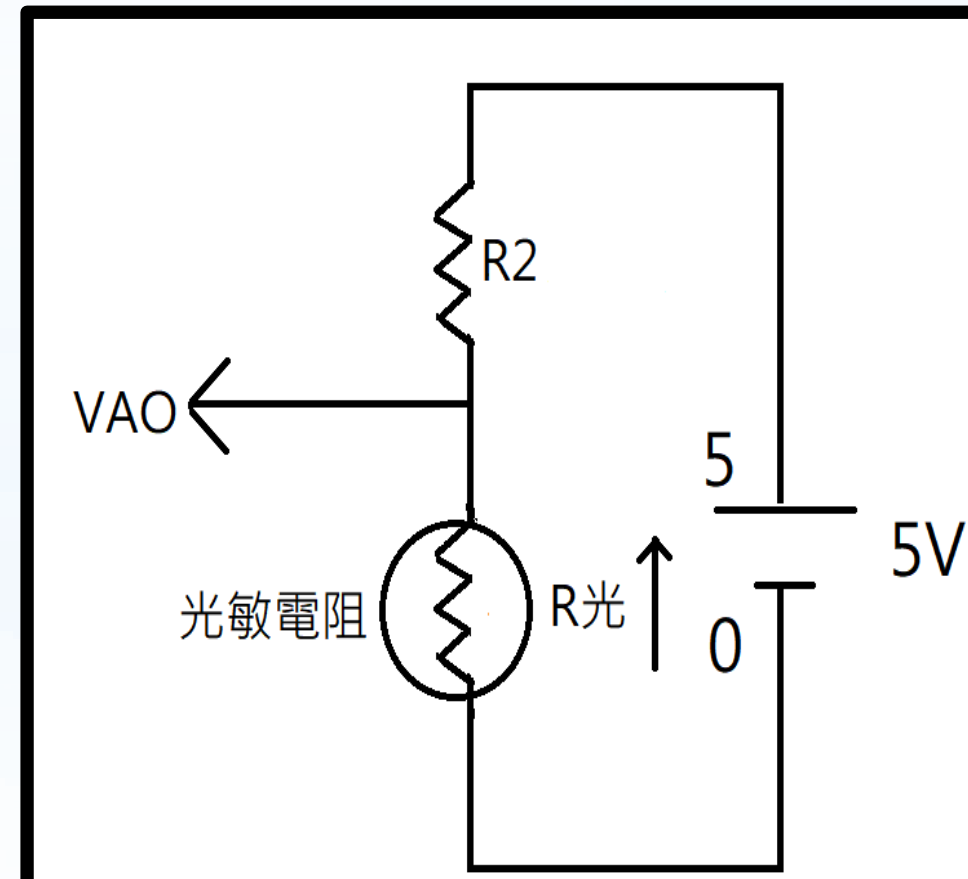


用紙箱罩住光纖、LED與水箱，測A0相對電壓



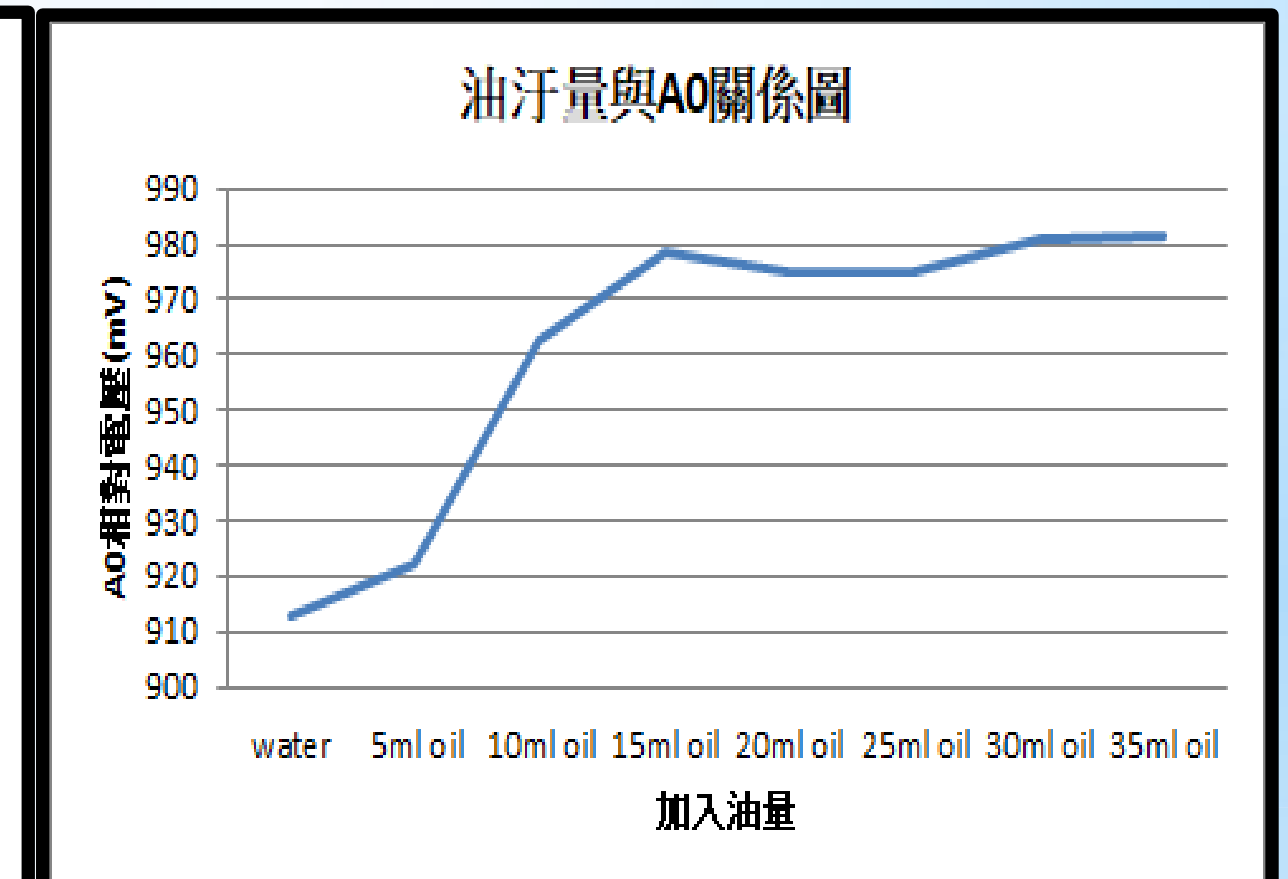
紙箱內部偵測油汙裝置

(二)實驗接線示意圖:



$A0(\text{電極分壓}) = 5 * R_{\text{光}} / (R2 + R_{\text{光}})$ ， $R_{\text{光}}$:光敏電阻值。

(三)實驗結果:



小結：當油汙加入越多，使得透光度降低，水底光纖接收光的亮度降低，光敏電阻值($R_{\text{光}}$)升高， $A0$ 電壓跟著上升，相對電壓上升，與結果相符。

六、遠端水質監測 APP



當數值大於或小於標準值時，呼叫[警報器程式]，如果數值沒有大於或小於標準值時，呼叫[不撥放警報器程式]。

酸鹼:



油汙:



混濁度:



伍、研究結果與討論

- 太陽能板實驗**：以太陽能板提供船體行進、搜集垃圾、Arduino晶片與汙染偵測所有電力需求。
- 船體實驗**：經過多次的改良，達到防水與平衡的功能，並用減速馬達提升前進扭力。
- 水質監測實驗**：透過多次實驗的修正改良，我們能夠滿足：(一)偵測現象的穩定與再現性。(二)汙染偵測的敏銳度。使得我們的汙染偵測功能順利運作。(三)發布警報時，需用更精密的儀器測量，區分汙染種類。(四)監測水域水質前，需先設定健康水質之標準，方便於遠端警報設定。(五)由油汙與混濁之飽和值，可以設定水汙染達嚴重程度之臨界值。
- 船體行進與遠端水質監測**：使用Arduino UNO 板負責監控水質，Arduino Mega 板做垃圾搜集。

陸、結論

「多功能水上iRobot」透過實地的測試除了已經成功地發展出可以遠端監控水質的垃圾搜集船；也使用太陽能板做為馬達的動力來源，具有節能環保的優點；另外，利用雲端教室與製作網頁，紀錄問題解決歷程和創客技能可作為其他中小學生科展歷程的學習參考。

