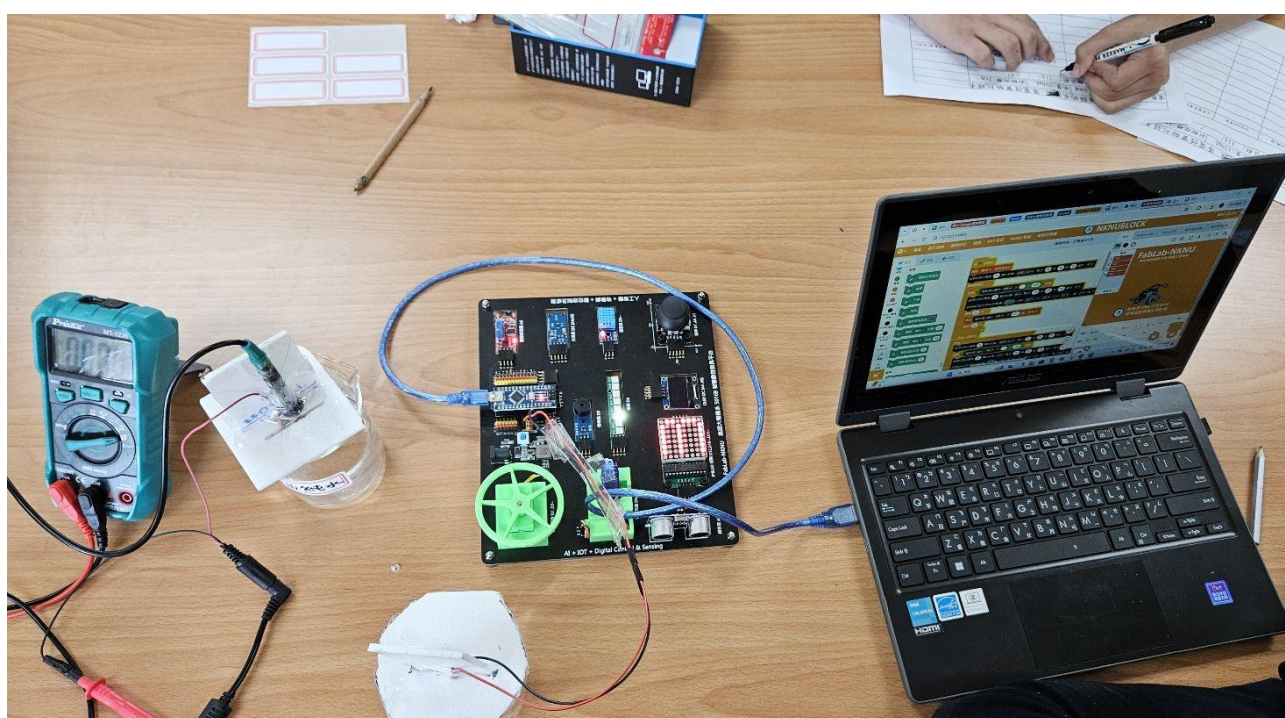


花蓮縣第 65 屆國民中小學科學展覽會作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：利用科技破解自然課本的秘密——糖水導電？不導電？



關 鍵 詞：水溶液、導電、Arduino

編 號：

花蓮縣第 65 屆國民中小學科學展覽會作品說明書內容

摘要

以往的自然科學教科書對於水溶液的導電性測定皆是以燈泡或 LED 燈進行亮度實驗來判定，但以肉眼判定的亮度會有視覺差異及環境光影響，尤其是糖水的測定，很多組同學做出來的結果都不太相同。於是我們採用高師大電機系開發的 NKNUBLOCK(Arduino 電路板)為類比訊號感測源為基礎，稱「Arduino 導電值」，對照以三用電表的電流值，並對課程內各種水溶液的導電性都進行分級判斷。我們使用了市售的三種純水來進行尋找最佳溶劑實驗；發現最純(最低導電性)的水是「泰山純水」。本研究我們發現以「台糖晶冰糖」為溶質、溶於「泰山純水」所調製的糖水最不具導電性，於是我們用糖水來做後續改變電壓及濃度的實驗，發現「純正的」糖水的確為課程單元實驗中屬於不導電之水溶液。

壹、前言

一、研究動機

南一版自然課本上說各種水溶液有不同的導電性質：糖水、純水不容易導電，食鹽水、小蘇打水以及醋容易導電。但當我們實驗做到一半時，發現一些問題：課本說糖水不容易導電，但使用 LED 測試糖水發現會亮，表示會導電。因為用目測 LED 燈的亮度來推算導電性的方法會因人而異，即使採用光照度計也要設計不受到環境光源或遮罩吸光性的影響。於是我們決定採用 NKNUBLOCK 來探究其讀取到的類比腳位數值以及三用電表所測到的電流 (mA/毫安培)來作對照，以更精確的數據來呈現各種水溶液的導電性。

二、研究目的

- (一)研究在相同的電壓下，**不同品牌的純水**導電性。
- (二)研究在相同的電壓下，相同濃度，**不同種類的水溶液**導電性。
- (三)研究在相同的電壓下，**不同濃度**，同樣種類的水溶液導電性。
- (四)研究在**不同的電壓**下，相同濃度，同樣種類的水溶液導電性。

三、文獻回顧

- (一)純水：純水或稱純淨水，是純潔、乾淨，不含有雜質或細菌的水。是以自來水、溪水或湖水為原水，通過電透析法、離子交換法、逆滲透法、蒸餾法及其他適當的加工方法製得而成。市場上出售的蒸餾水屬純淨水。有時候這個詞也和化學實驗室中製備的蒸餾水或去離子水類似，但是製程則有所差異，純度的品質也有不同。

【一、成功大學化工史料館】

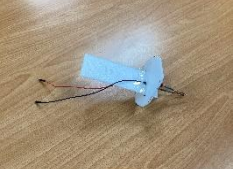
- (二) 純糖：我們從文獻資料裡得知晶冰糖為經過結晶再製且是市面上更純化的糖。冰糖，指砂糖經再溶、清淨處理和重結晶而製得大顆粒結晶糖。有單晶體冰糖和多晶體冰糖兩種。外觀晶瑩潔白或呈淡黃色，味甘，可入藥。屬於純物質。【二、維基百科網站】

- (三) 導電檢測筆的設計：若要製作導電性檢測電極，正負極電極棒之間相隔的距離，建議以 1 公分為最佳。所以我們才會讓正負電極的距離設計為一公分。【三、中華民國第 51 屆中小學科學展覽會：來電了沒？— 尋找準確快速的導電檢測筆】
- (四)綜合研究設計構想：提供我們作為挑選最純最不導電的溶劑、與尋找最不具導電性的溶質(糖)製成糖水溶液的參考，除了改良研究方式，也針對目測 LED 燈亮度定義導電性探討進一步更精確數值化的作法。【四、花蓮縣國中小第 64 屆科展作品：拯救自然老師——水溶液導電性之探討】
- (五)以光照度計測定 LED 亮度呈現導電性之研究：光照度計測量也可能有受到環境光源和遮罩材質光吸收率的影響，除了要準備多組照度計之外，遮罩製作與操作若想改良將一般課堂上這個單元簡單又明確，我們才想改用 NKNUBLOCK 這套免費教具來設計我們的實驗。【五、臺北縣96 學年度國民中小學科學展覽會作品說明書】

貳、研究設備與器材

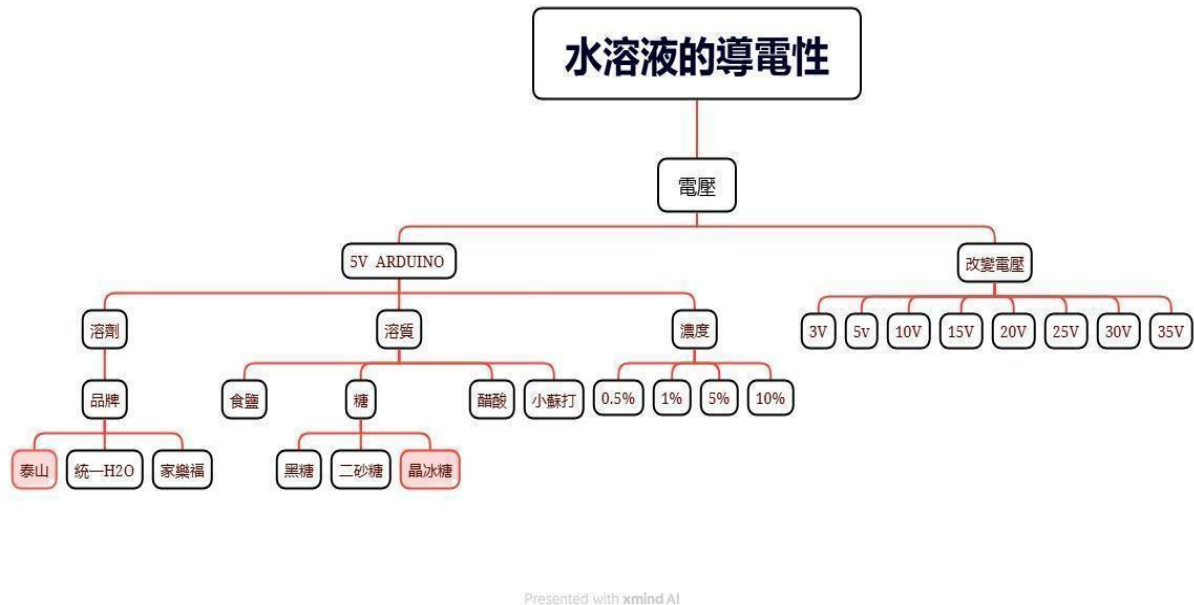
本實驗所用到的研究設備及器材，如表一。

表一 研究設備及器材

台糖貳號砂糖 	台糖晶冰糖 	高級碘鹽 	小蘇打粉 	黑糖 
泰山純水 	家樂福純水 	醋(原液) 	統一純水 	電子秤 
鐵尺 	秤量紙 	攪拌棒 	湯匙 	滴管 
透明膠帶 	三用電表 	老虎鉗 	可變電壓 	250mL 燒杯 
剪刀 	NKNU BLOCK 	焊錫 	電焊槍 	電工膠布 
平板 	三用電表的電極棒 	NKNU BLOCK 的電極棒 	杜邦線 	針腳 

參、研究過程及方法

一、架構圖：



圖一：實驗架構圖。

二、前置作業：

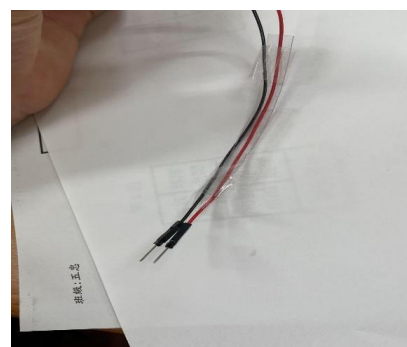
(一) 名詞解釋：

- 1.NKNUBLOCK：由高雄師範大學電機系開發、結合 Arduino 電路板和 SCRATCH 軟體程式架構，加上一些感測器和反應組件，以感測器測定結果讓程式積木去判別與整理數據結果。
- 2.三用電表：又稱萬用電表或多用電表，是一種多功能的電子測量儀器，主要用於測量電壓、電流和電阻。測量電路中兩點之間的電位差，單位為伏特。可測量直流電壓和交流電壓。【六、維基百科】
- 3.可變電壓：在電子實驗室中，可變電壓電源是必備工具，用於測試不同電壓下的電路行為。
- 4.電解與電鍍：是在(小蘇打水及食鹽水) 實驗中發現，所以在文獻探討中還不會注意到，實驗中才觀察到跟其他水溶液不一樣的地方。在含有在金屬

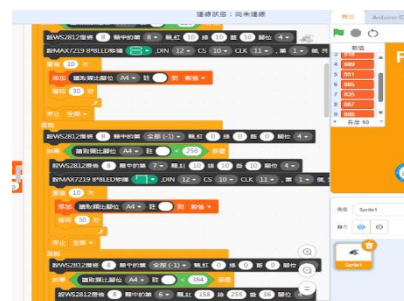
離子的電解質水溶液中，通電後其中的金屬離子被還原成金屬原子，並附著在陰極表面形成鍍層【七、維基百科】。或許我們觀察到實驗一開始電流值會比較高，後來又降低的特別現象，尤其以小蘇打水最為明顯，鹽水其次(Arduino 導電值差異在 4.5 分鐘內達約 170)，要再去搜查資料來解釋發現的現象，我們在討論中會加以描述。

(二) Arduino 電路固定裝置說明：

- 1.我們設計電路固定裝置來固定電極棒之間的距離與杯底距離，確保實驗誤差減小。
- 2.設定方式：將做好的電路固定裝置架設燒杯口。
- 3.第一個版本(如圖二)，將兩個杜邦線針腳中間加上塑膠板並直接用膠帶黏起來，方便製作成電極棒。
- 4.以「直接接通電路、20%、10%、5%和純水」等五個不同狀態或濃度的食鹽水之測定值先作比對，確認能將 Arduino 電路上的類比腳位(A4)按照高低順序讀取到範圍 0 到接近 1023 的數值(直接接通電路為 0、Arduino 最高理論值為 1023)。
- 5.透過 NKNUBLOCK 畫面的變數清單功能來呈現於電腦畫面中(如圖三)，我們就可以依據實驗設計的需要來擷取每隔多少時間的測量數值。完整程式內容放在附錄一。但這樣電極棒的接點部份容易因為膠帶在實驗中，會沾到水溶液而影響實驗結果，所以我們進行改良成第二個版本(如圖四)，將兩個稍粗的銅線焊於銅線上，並用膠帶把泡沫板固定，可以讓電極棒不偏移。



圖二:第一版 Arduino 電路的電極棒固定裝置。

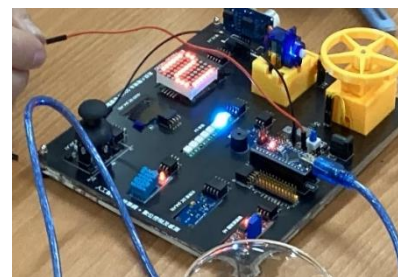


圖三：於呈現畫面顯示變數清單功能。



圖四:第二版 Arduino 電路的針腳固定裝置。

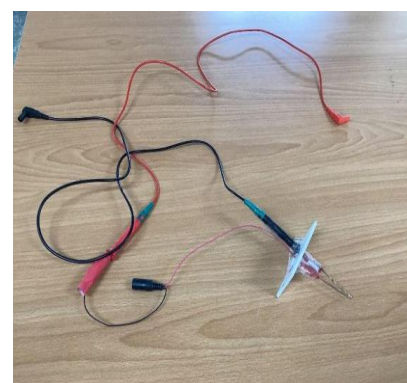
6.我們在程式中設計了一個將 Arduino 數值 0~1023 區分為 8 個等級判斷，以便於注意到整個實驗电路是否因短路而故障、導致數值根本沒變化的情況(也發生有燒壞了 2 組 NKNUBLOCK 的 Arduino 电路板)；等級判斷也類似地震規模的意思，可以用此法快速呈現各種水溶液的一個導電程度分級(如圖五)。



圖五:以 Arduino 的 8x8LED 燈呈現判斷導電級數。

(三)三用電錶的電極棒固定裝置：

將銅線以錫電焊筆於三用電表的電極棒上用泡沫板固定隔開避免正、負兩條電極棒直接接觸。(圖六)



圖六：三用電錶電極棒固定裝置。

(四)數據表格設計：

1.我們為了更方便、有效率的紀錄實驗數值，於是製作出了圖七這張表格。但是實驗進行之後，我們發現沒有電流不夠完整所以又改良了成為圖八。

不同種類的水導電性實驗紀錄表			
電壓:5V	水深:水底上1cm處	水量:100mL	針腳距離:1.5cm
紀錄者:	實驗日期: 12 / 6 / 15		
水的種類	Arduino 數值	Arduino 等級	三用電表數值
實驗次數			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

圖七：初次設計的實驗記錄表格。

不同種類的 純水或水溶液 導電性實驗紀錄表			
電壓:	水深:水底上1cm處	水量:150mL	針腳距離:1cm
紀錄者:	實驗日期: 11/4 /		
生成水溶液的種類	Arduino 數值	Arduino 等級	三用電表電壓數值(伏特)
實驗次數			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

圖八 最終設計的實驗記錄表格。

2.最終設計的實驗記錄空白表格

不同種類的 純水或水溶液 導電性實驗紀錄表				
電壓：5V	水深：水底上 2cm 處	水量：150mL	針腳距離：1cm	
紀錄者：		實驗日期： 114/ /		
水或水溶液的種類				
實驗次數	Arduino 數值	Arduino 等級	三用電表電壓數值(伏特 V)	三用電表電流數值(安培 A)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
平均				

三、在相同的電壓下，不同品牌的純水導電性實驗

(一)操縱變因： 純水品牌

(二)控制變因：相同電壓、相同程式、相同設備、相同水量、相同電極棒距離、相同水深

(三)實驗步驟：

1. 用與實驗同樣品牌的純水清洗燒杯與電極棒。
2. 將 Arduino 電路板以 USB 線連接上電腦。
3. 將針腳連接上 Arduino 電路板。
4. 把電極棒放入燒杯的純水中。

5. 每 30 秒紀錄一次 Arduino 數值，重複十次。
6. 移開 Arduino，換成三用電表。
7. 測量電壓值(V 伏特)的功能，並將電極棒放入純水中，每 30 秒紀錄一次電壓，共 10 次。
8. 切換成三用電表的安培(A)功能，並測量電流值，每 30 秒記錄一次電流，共 10 次。
9. 重複步驟 1~8 把泰山純水、統一 H₂O 純水、家樂福純水都實驗完成。數據放在附錄二

四、在相同的電壓下，相同濃度，不同種類的水溶液導電性實驗

(一)操縱變因：水溶液種類。

(二)控制變因：相同電壓、相同程式、相同設備、相同水量、相同電極棒距離、相同水深。

(三)實驗步驟：

1. 使用泰山純水清洗燒杯、滴管、攪拌棒。
2. 將 Arduino 程式開啟並將針腳接上。
3. 將燒杯放上電子秤並歸零，將泰山純水倒入燒杯秤量出 142.5 克，將溶質秤量出 7.5 公克並加入水中並攪拌均勻。
4. 把 Arduino 電路固定裝置架設在杯口。
5. 把電極棒放入燒杯的純水。
6. 每 30 秒紀錄一次 Arduino 數值，重複十次。
7. 移開 Arduino，換成三用電表。
8. 測量電壓值(V 伏特)的功能，並將電極棒放入純水中，每 30 秒紀錄一次電壓，紀錄十次。
9. 切換成三用電表的安培(A)功能並測量電流值，每 30 秒記錄一次電流，共 10 次。
10. 重複步驟 1~9 把台糖二號砂糖水溶液、台塩碘塩水溶液、小蘇打水溶液、台糖黑糖水溶液、醋、台糖晶冰糖水溶液都實驗完成。

備註：工研醋直接用原液做水溶液導電實驗。數據放在附錄三

五、在相同的電壓下，不同濃度，同樣種類的水溶液導電性實驗

(一)操縱變因：濃度。

(二)控制變因：相同電壓、相同程式、相同設備、相同水量、相同電極棒距離、相同水深。

(三)實驗步驟：

1. 使用泰山純水清洗燒杯、滴管、攪拌棒。
2. 將 Arduino 電路板連結上電腦並開啟程式。
3. 將電路固定裝置架設在杯口並開啟程式，30 秒紀錄一次數值，紀錄 10 次。
4. 移開 Arduino，換成三用電表。
5. 測量電壓值(V 伏特)的功能，並將電極棒放入純水中，每 30 秒紀錄一次電壓，共 10 次。
6. 切換成三用電表的安培(A)功能，並測量電流值，每 30 秒紀錄一次電流，共 10 次。
7. 重複步驟 1~5 直到 0.5%、1%、5%、10%的晶冰糖水溶液全部完成。數據放在附錄四

六、在不同的電壓下，相同濃度，同樣種類的水溶液導電性實驗

(一)操縱變因：電壓。

(二)控制變因：相同程式、相同設備、相同水量、相同電極棒距離、相同水深。

(三)說明：因為 Arduino 電路板無法改變電壓(輸出電壓固定 5V)，所以用可變電壓器調至要實驗的電壓。

(四)實驗步驟：

1. 將實驗器材使用泰山純水清洗。

2. 將可變電壓調至要實驗的電壓。
3. 將三用電表電極棒放入水溶液，並且將三用電表設定為電壓(V)，並計時 30 秒重複 10 次。
4. 再將三用電表調整為電流(A)，針腳不取出，並計時 30 秒重複 10 次。
5. 重複步驟 1~4 直到 3v、10v、15v、20v、25v、30v、35v 全部完成。數據放在附錄五。

肆、研究結果

一、研究相同電壓，不同品牌的純水導電性實驗

電流的數值全都是 0，代表電流過低用三用電表無法測量出它的數值，因此我們透過「Arduino 導電值」來分析它的導電性大小。我們將取得的 Arduino 導電值畫成表格，如表一：三種品牌純水的 Arduino 導電值，我們又把測得的電壓值、Arduino 導電值畫成表格，如圖八:不同純水電壓、圖九:不同純水 Arduino 導電值。

(一) 表一說明：

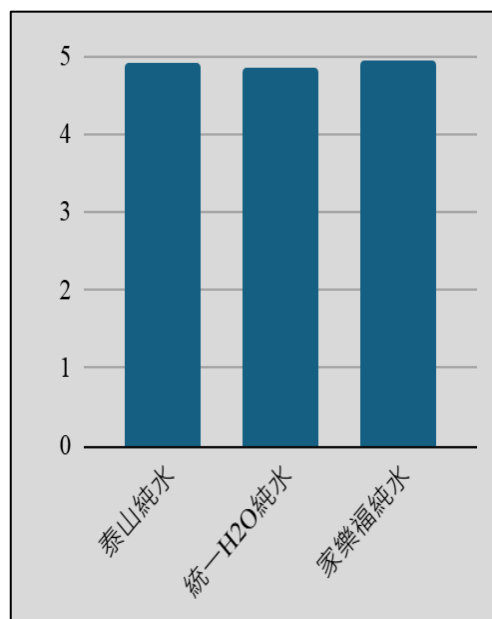
表一：三種品牌純水的 Arduino 導電

1. Arduino 導電值的數值越大越不導電。
2. 從表一得知，泰山純水的 Arduino 導電值最大，因此得知導電性最差，所以我們以泰山純水來進行後續的實驗，降低純水中雜質造成的誤差。

名稱	Arduino 導電值
泰山純水	884.7
統一 H2O 純水	857.5
家樂福純水	754.6

(二) 圖九說明：

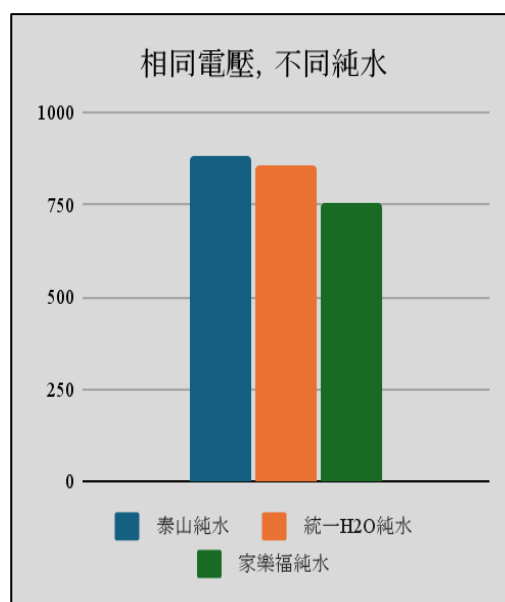
從圖九得知在測定不同種類品牌的純水時電壓都仍維持差不多在 5V 左右，可見在實驗中電壓沒什麼改變，不影響 Arduino 導電值的測量結果。



圖九:不同品牌純水測定時的電壓

(三) 圖十說明：

從圖十得知三種純水的 Arduino 導電值都很高，表示導電性都很低，但其中又以泰山純水的導電性為最低。



圖十:不同純水 Arduino 導電值

二、研究相同電壓，相同濃度，不同種類的水溶液導電性實驗

(一)以泰山純水為溶劑搭配不同種類溶質的水溶液

導電性測定結果。

表二：各種水溶液的 Arduino 導電值

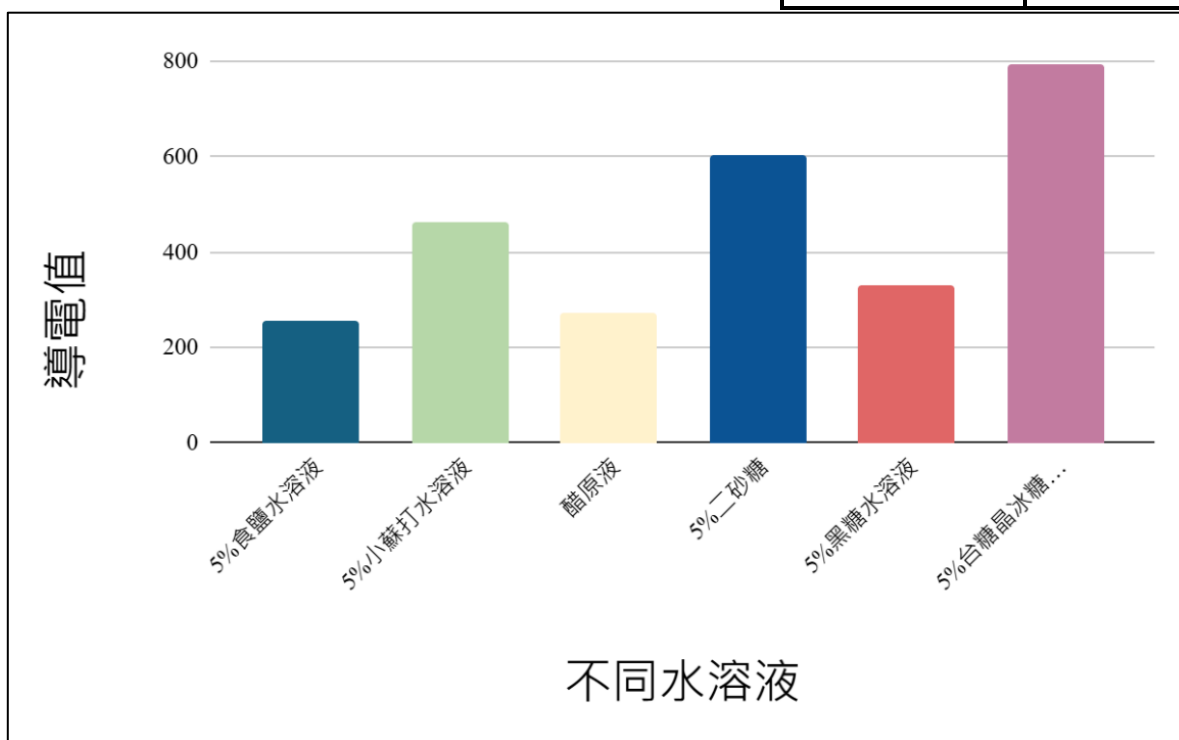
(二)表二說明：

從這張表的實驗數據結果可以看出，5%台糖晶冰糖水溶液測得的 Arduino 導電值較大，也就是導電性較差，5%食鹽水得出的 Arduino 導電值較小，也就是導電性較好。

(三)圖十一說明：

我們將表二的數據繪製成直條圖來呈現各種水溶液的導電值比較，5%台糖晶冰糖水溶液導電性很明顯最差，如下圖十一。

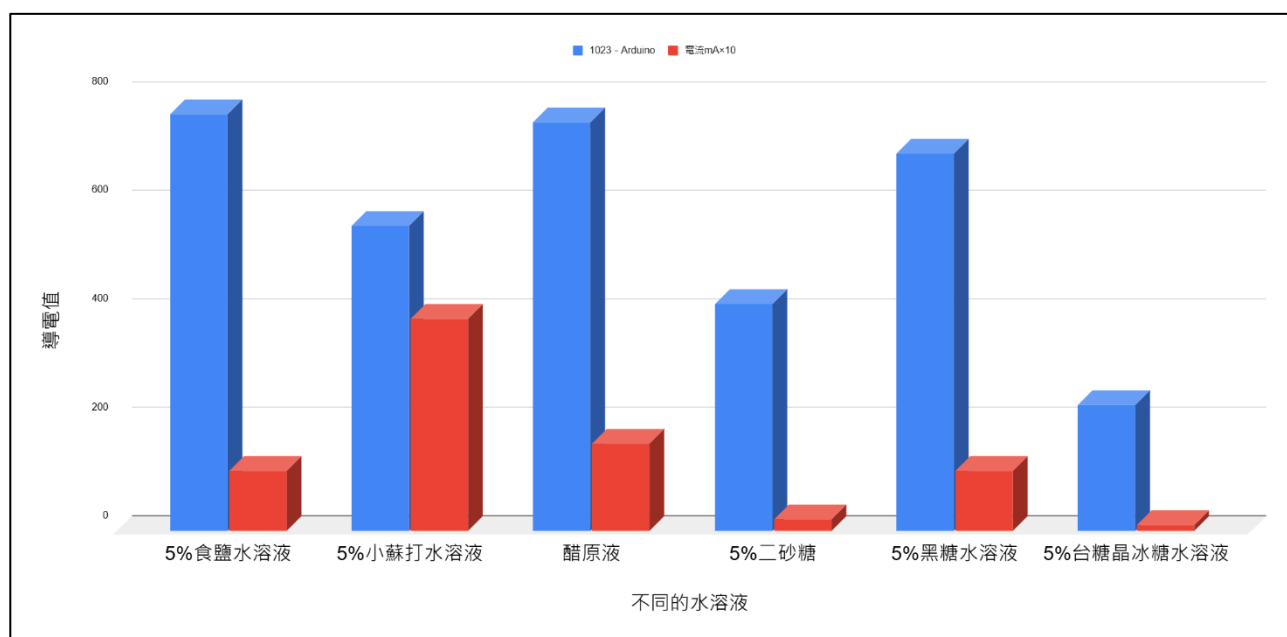
名稱	Arduino 導電值
5%食鹽水溶液	256.7
5%小蘇打水溶液	461.9
醋原液	271.6
5%二砂糖	605.2
5%黑糖水溶液	329
5%台糖晶冰糖	792.8



圖十一：不同水溶液 Arduino 導電

(四)圖十二說明：

因為我們的 Arduino 數值預設是數值越大而導電性越低，若要與三用電表所測得的電流數值(mA /毫安培)做一個比對會呈現相反的解釋，於是我們用感測 Arduino 導電值之 A3 類比腳位內建最大數數(1023)去減掉所測得的 Arduino 導電值，其得到的新數值改視為越大導電性越高，會較容易與(三用電表)實測電流值同時對照比較；由下圖十二可以看出，5%食鹽水溶液或 5%小蘇打水溶液最具導電性，5%醋原液或 5%黑糖水溶液略為其次亦有不錯的導電性，而 5%晶冰糖水溶液最不具導電性。



圖十二：不同水溶液的比較分析直條

三、研究相同電壓，不同濃度，室溫下水溫的水溶液之導電性實驗

(一) 表三說明：

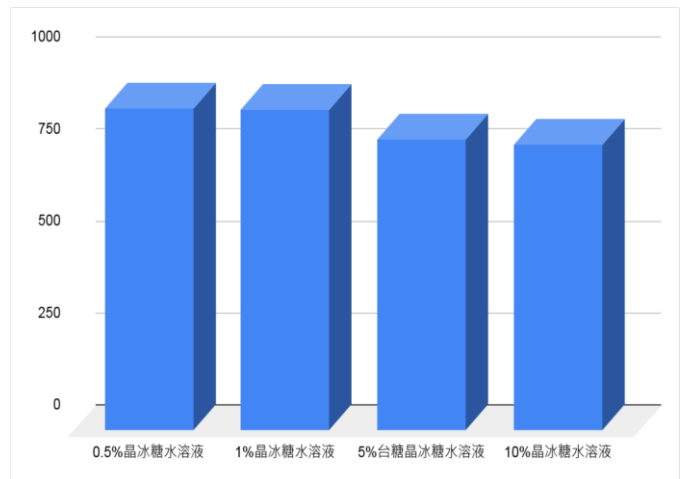
從表三中可以看出，運用 NKNUBLOCK 來測定所謂 Arduino 導電值可以更為精確的發現低導電性的晶冰糖水溶液，在不同濃度改變條件下，也可以測得其導電性的差異。

表三：晶冰糖改變濃度實驗

名稱	Arduino 數值
0.5%晶冰糖水溶液	874.5
1%晶冰糖水溶液	871.4
5%台糖晶冰糖水溶液	792.8
10%晶冰糖水溶液	775.8

(二) 圖十三說明：

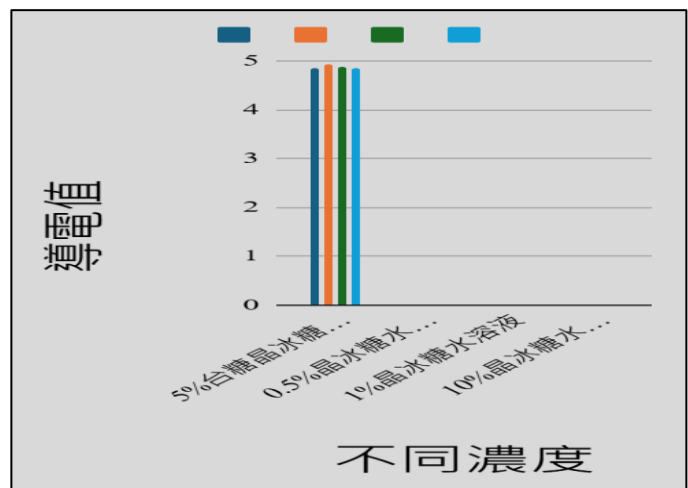
由圖十三可以很明顯看出，晶冰糖水溶液的以濃度 0.5%、1%、5%、10%來進行測定，當濃度高，其 Arduino 導電值愈大，也就是導電性愈佳；可見即使導電性很低的晶冰糖水溶液，也可能含微量雜質而產生微弱導電性。



圖十三:不同濃度的水溶液 Arduino 導電值。

(三)圖十四說明：

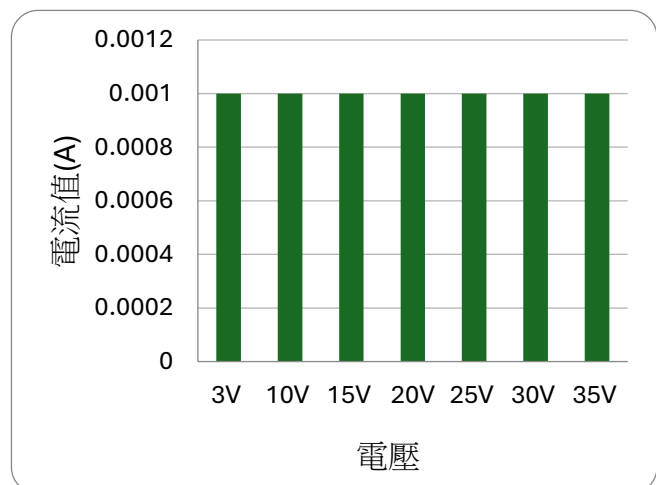
從右圖十四可以得知，輸入電壓 5V 保持測得電壓也仍約維持 5V，所以實驗中電壓對 Arduino 導電值的測定過程並沒有改變。



圖十四:不同濃度的水溶液的電壓值。

四、研究在不同的電壓下，相同濃度，同樣種類的水溶液導電性實驗

從右圖十六看出在不同電壓下，5%晶冰糖水溶液採用三用電表所測得的電流值都是 0.001A，就是指電壓在這個 3V 到 35V 範圍內，其以三用電表所測得的電流值仍然非常低，因為導電性低，故若無更精密的電流測量儀器可能也無法區別出來。



圖十六：不同電壓相同水溶液電流圖

伍、討論

- 一、採用 NKNUBLOCK 尋找出讀取類比腳位(A3)數值範圍在 0~1023，其實並非真正表達導電性的電流狀況，但我們先以三種不同濃度食鹽水以及正負電極短路形成通路、與其最高數值 1023 的區間範圍先行定義為「Arduino 導電值」，再以三用電表測得的安培值(A)做對比，果然能呈現課堂上基本結果和各文獻中測得的結果，而且更精密。
- 二、程式中進行 8 個等級的區別判斷，除了有類似地震規模分級的儀器顯示功能之外，也能在實驗進行中，協助我們留意 Arduino 電路板是否已經燒壞或故障，因為可能是具導電性水溶液不小心滴到微電路，或是以變壓器改變電壓的測試損壞電路板。我們也真的發生當損壞了 2 套電路板時，繼續做實驗改變水溶液種類後，卻沒有發現數據維持不變的結果。所以多寫一個判斷分級也是可以幫助發覺此種情形。
- 三、一般自然課堂中並不會討論通電時間久了而使導電性結果改變，我們採每 30 秒紀錄一次數值的方式，特別發現(只有)小蘇打水，在剛開始測試時，會有一瞬間 Arduino 導電值突然大增，過了 1~2 分鐘後又急遽下降。透過資料搜查文獻分析後，得知在某些含有金屬離子的電解質中，會產生電解/電鍍情況，可能因此改變了原本小蘇打水的濃度，導致此一結果。而我們在預先測試時，因為發現較高濃度食鹽水也會出現綠色物質，因為不懂查資料問老師之後決定停止測試更高濃度的食鹽水以免發生危險。
- 四、因為以 Arduino 電路板為基礎的 NKNUBLOCK 套件固定 5V 電壓，是無法改變的，所以採用變壓器來改變電壓的實驗，就無法用 NKNUBLOCK 來得到 Arduino 導電值，只能用三用電表測試，有時候就會出現在 0 或 0.001 跳動的數據。

陸、結論

- 一、在相同的電壓下，**不同品牌的純水**導電性測試中，我們得到三種品牌裡導電性最差、亦即最純的為泰山純水，來做後續的實驗溶劑。
- 二、研究在相同的電壓下，相同濃度，不同種類的水溶液導電性，5%的濃度配上小蘇打水、食鹽水、醋酸的 Arduino 導電值都會呈現比較低、電流值較高的結果(亦即導電性愈

好)，而二砂糖、台糖晶冰糖的水溶液其 Arduino 導電值會呈現較高、電流值較低的結果(亦即導電性愈差)。而台糖晶冰糖水溶液的導電性為最低。

三、研究在相同的電壓下，不同濃度，同樣種類的水溶液導電性，以泰山純水條配 10%、5%、1%、0.5%濃度的台糖晶冰糖水溶液都會呈現 Arduino 導電值高、亦即電流值較低的結果；其濃度愈低，其導電性愈低。

四、研究在不同的電壓下，相同濃度，同樣種類的水溶液導電性，泰山純水調製的 5%台糖晶冰糖水溶液以 3V、5V、10V、15V、20V、25、30V、35V 的電壓進行測定，其電流值都呈現微弱的結果表示晶冰糖水溶液已經都是極低的導電性(以三用電表測得)。

柒、參考文獻資料

一、純水，成大大學化工史料館網站：

<https://www.che.ncku.edu.tw/historicalgallery2/index.php?option=module&lang=cht&task=pageinfo&id=420&index=3>

二、純糖，維基百科網站：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%86%B0%E7%B3%96>

三、電極或檢測筆的設計：

【中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品：來電了沒？— 尋找準確快速的導電檢測筆】

四、如何選擇溶劑及溶質：

【花蓮縣國中小第 64 屆科展作品：拯救自然老師——水溶液導電性之探討】

五、光照度計測定法的文獻探討：

【臺北縣96 學年度國民中小學科學展覽會作品說明書】

六、三用電表，維基百科：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%9A%E7%94%A8%E8%A1%A8>

七、電解與電鍍，維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%B5%E9%95%80>

八、水溶液 - 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%B4%E6%BA%B6%E6%B6%B2>

九、溶劑 - 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BA%B6%E5%89%82>

十、溶質 - 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BA%B6%E8%B4%A8>

十一、電壓 - 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E5%A3%93>

十二、電流 - 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E6%B5%81>