

# 新竹市第四十一屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：自製 pH 計量酸鹼

關鍵詞：pH 計、花青素、運算放大器（最多 3 個）

編號：112JA-C003

## 目錄

壹、摘要.....	2
貳、研究動機.....	2
參、研究動機.....	2
肆、實驗器材/材料:.....	3
伍、實驗步驟.....	5
陸、實驗結果.....	8
柒、討論.....	14
捌、結論.....	14
玖、文獻探討.....	15

## 壹、摘要

本實驗嘗試利用市售的玻璃電極、運算放大器、簡易電表、以及麵包板進行組裝製作簡易 pH 測量計，原理乃透過玻璃電極偵測氫離子在溶液中解離數量的多寡，透過運算放大器傳輸到簡易電表並顯示所測量的電位值。由於不同 pH 值的溶液有不同的電位差，我們進一步使用能斯特方程式（Nernst Equation）來轉換自製 pH 計所測得的電位差(mV)，並透過工程計算機將測量之電位差換算成 pH 值。我們使用不同的溶液來測量 pH 值，包含了鹽酸、氫氧化鈉、各種市售常見的飲品，我們還加入了洛神花以及紫色高麗菜等富含花青素的植物進行測量，結果發現自製簡易 pH 計與市售的 pH 計有相當接近的準確性（在室溫 25°C），只有在少數情況下才會有誤差（例如在不同溫度下會造成實驗結果的誤差）。

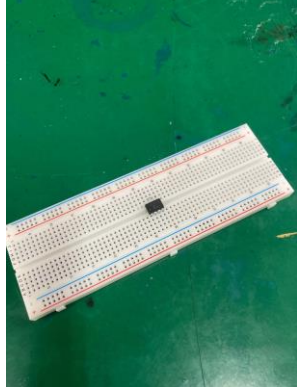







## 貳、研究動機

酷愛運動的我們，運動飲料-也是從超市一箱一箱的搬。我們從網上得知了運動飲料的 pH 值在 2.5 至 3.8 之間可以補充運動後的體能消耗，於是我們進一步的研究製作各種既方便又實惠的酸鹼檢測計，來檢測各種飲品的酸鹼性，同時我們也在網路上發現，許多不同植物內涵的花青素在接觸到酸鹼值不同的物質時，會產生顏色變化，也就是天然酸鹼指示計。此次研究使用電路板來自製了測量 pH 酸鹼性質的機器，並且測量不同飲料的酸鹼度並代入公式來測試機器是否準確，並且在經過實驗後，我們發現溫度也是造成不同 pH 的一個重要因素，因此此次實驗也將溫度列入了實驗項目中。




## 參、研究動機

- (一)測試自己做的 pH 計能否與市售的 pH 計作比較
- (二)測量酸性，鹼性以及中性的各類物質
- (三)測量洛神花與紫色高麗菜等天然的 pH 計



肆、實驗器材/材料:  
(一)自製 pH 計材料

<p>麵包板*1</p> 	<p>9V 電池*2+電池扣</p> 	<p>BNC 母轉接頭</p> 	<p>鱷魚夾</p> 
<p>pH 玻璃電極 ELECTRODE</p> 	<p>連結線</p> 	<p>三用電表 LOMVUM</p> 	<p>運算放大器</p> 

(二)測試材料

<p>pH=4 標準液</p> 	<p>pH=7 標準液</p> 	<p>pH=10 標準液</p> 	<p>蒸餾水</p> 
---	---	---	--

(三)實驗器材

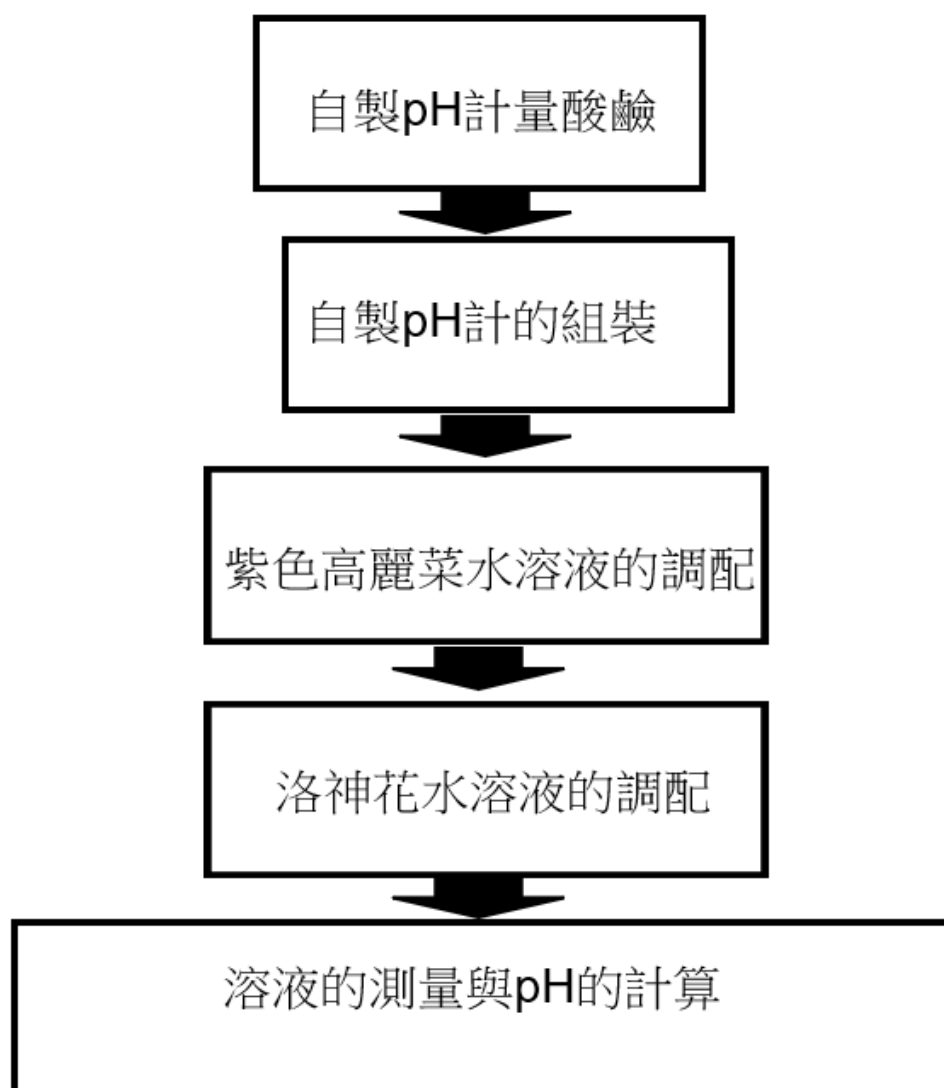
<p>市售 pH 計 JENCO</p> 	<p>滴管</p> 	<p>研磨器</p> 	<p>燒杯</p> 
<p>濾紙</p> 	<p>攪拌棒</p> 	<p>電子秤</p> 	<p>溫度計</p> 

(四)實驗水溶液

<p>可樂</p> 	<p>牛奶</p> 	<p>津津運動飲料</p> 	<p>紫高麗 5g 加 50g 自來水</p> 	<p>洛神花 5g 加 50g 自來水</p> 
---	---	---	--	---

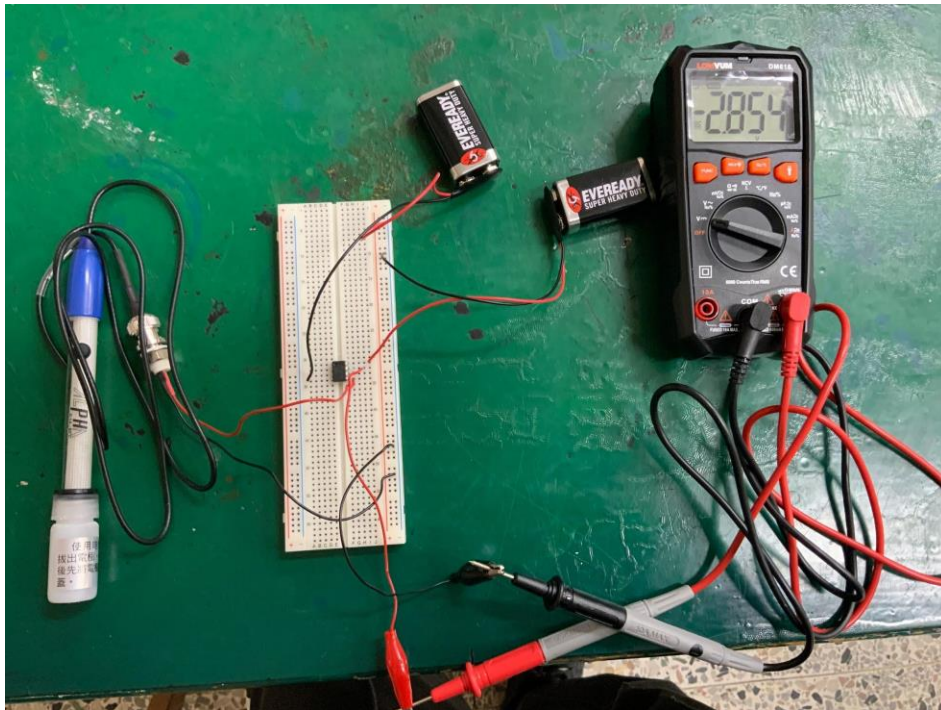
## 伍、實驗步驟

圖(一)流程圖



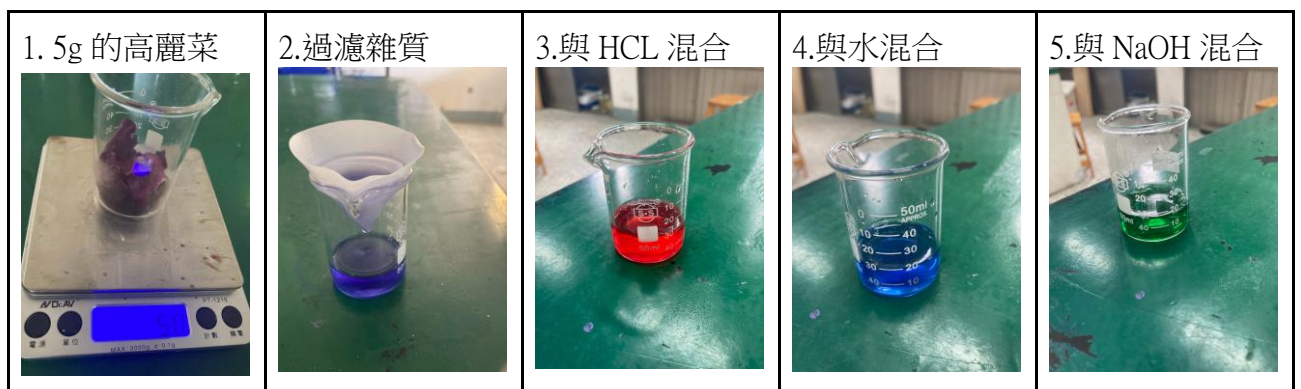
### (一)自製 pH 計的組裝

1. 將運算放大器裝到麵包板上方，用來穩定測量出的電壓，使測出來的數值較準確
2. 將電池扣裝到麵包版上，分別連接到麵包版的兩側
3. 薑母轉接頭也裝上，用來連接 pH 玻璃墊極
4. 將三用電表的兩極分別以鱷魚夾夾住，用來接收測量出來的電壓，並且顯示在電表上
5. 校準機器



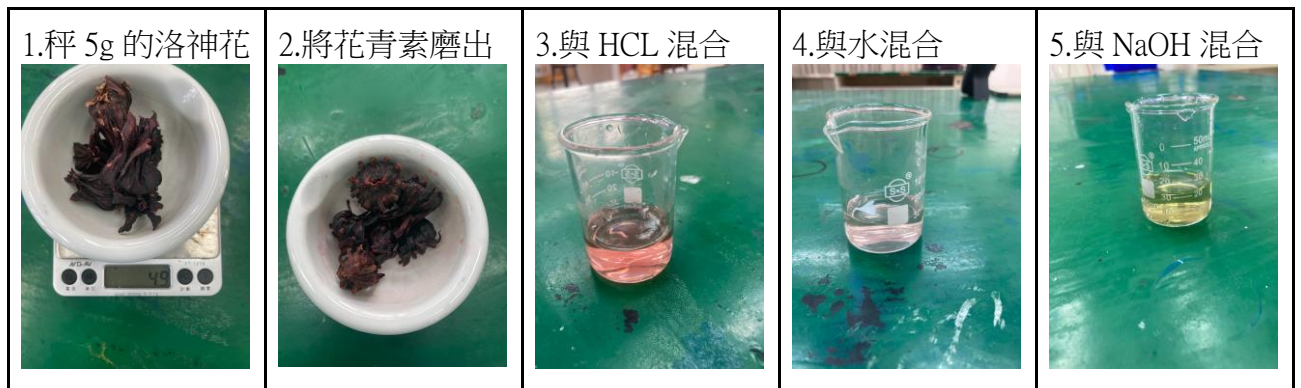
## (二) 紫色高麗菜水溶液的調配

1. 先用電子秤量 5g 的紫色高麗菜並將它與 50ml 的水混合
2. 接著放到研磨器裡將紫色高麗菜裡的花青素磨出來使它融入水中
3. 將磨完的紫色高麗菜汁倒到濾紙上,過濾掉較大的物質
4. 將高麗菜水溶液用滴管吸 18ml,各別分裝到 3 個燒杯裡
5. 分別將 2ml 的鹽酸、水以及氫氧化鈉滴到三個裝有紫色高麗菜溶液的燒杯內



## (三) 洛神花水溶液的調配

1. 用電子秤量 5g 的洛神花並將它與 50ml 的水混合
2. 接著研磨洛神花,把裡面的花青素磨出來使它融入水中
3. 將研磨完畢的洛神花汁倒在濾紙上,過濾較大的物質
4. 使用滴管吸 2ml 的洛神花汁,各別分裝到 3 個燒杯裡
5. 分別將 18ml 的鹽酸、水以及氫氧化鈉滴到三個裝有洛神花溶液的燒杯內



(四) 溶液的測量與 pH 的計算

1. 將玻璃電極放入溶液中
2. 記錄三用電表上的數字
3. 代入以下數學公式

$$\Delta E = \text{電位差(電壓)} \quad (\text{單位: 伏特}) \quad [H^+]_{in} = 10^{-7} M =$$

玻璃電極參考融業中的氫離子濃度

$$R = 8.314 \frac{J}{\text{mole} \times K} \quad (\text{理想氣體常數}) \quad Z = 1 \quad \text{原因是因為 } H^+ \text{ 帶有一個正電荷}$$

$$F = 96485 \frac{C}{\text{mole}} \quad (\text{法拉第常數}) \quad T = \text{絕對溫度} = C^0 + 273$$

$$\Delta E = \frac{RT}{ZF} \times \frac{1}{\log \log(e)} \times \log \frac{[H^+]_{out}}{[H^+]_{in}}$$

$$\Rightarrow \log \frac{[H^+]_{out}}{[H^+]_{in}} = \frac{\Delta E \times ZF \times \log(e)}{RT}$$

$$\Rightarrow \frac{[H^+]_{out}}{10^{-7}} = 10^{\frac{\Delta E \times ZF \times \log(e)}{RT}}$$

$$\Rightarrow [H^+]_{out} = 10^{\frac{\Delta E \times ZF \times \log(e)}{RT} - 7}$$

$$\text{又 } pH = -\log[H^+]$$

$$\Rightarrow pH = -\log \left( 10^{\frac{\Delta E \times ZF \times \log(e)}{RT} - 7} \right)$$

$$= 7 - \frac{\Delta E \times ZF \times \log(e)}{RT}$$

$$= 7 - \frac{\Delta E \times 1 \times 96485 \times \log(e)}{8.314T}$$

$$\approx 7 - \frac{5040.04 \times \Delta E}{T} \quad (\text{此時 } \Delta E \text{ 的單位是伏特})$$

$$= 7 - \frac{5.04004 \times \Delta E}{T} \quad (\text{此時 } \Delta E \text{ 的單位是毫伏特})$$

以上括號中的算式選一個用即可

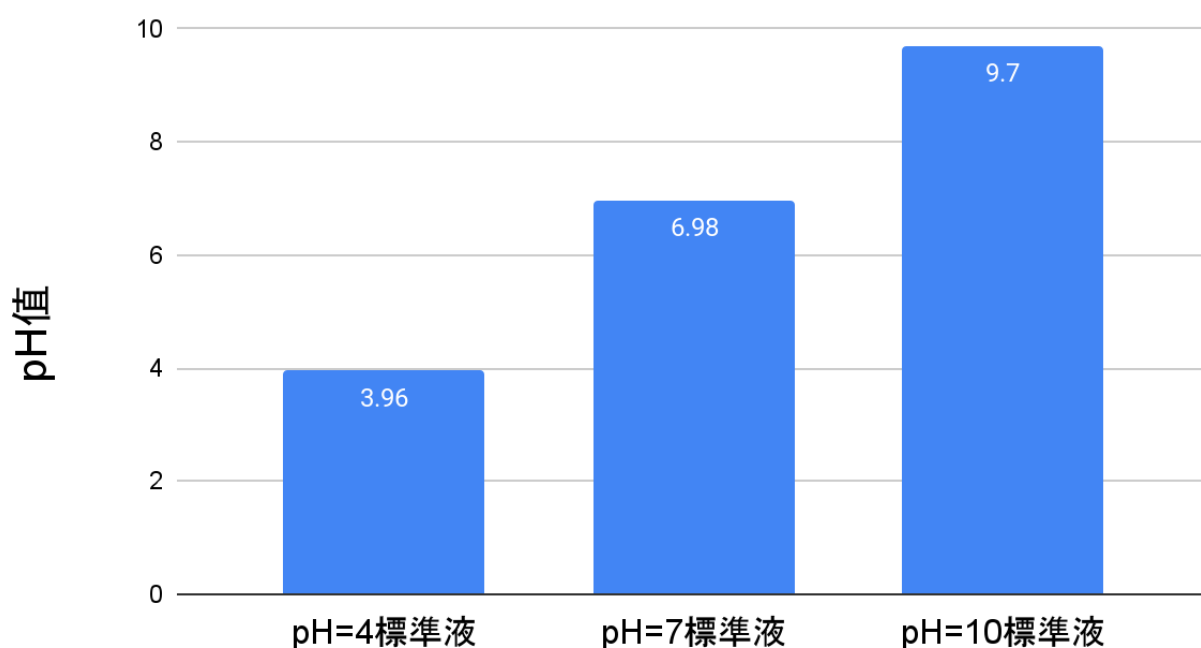


## 陸、實驗結果

表(一)自製 pH 計標準液檢測

	電壓值(mV)	pH 值
pH=4 標準液	180	3.96
pH=7 標準液	1.0	6.98
pH=10 標準液	-160	9.70

### 自製pH計標準液酸鹼值測試

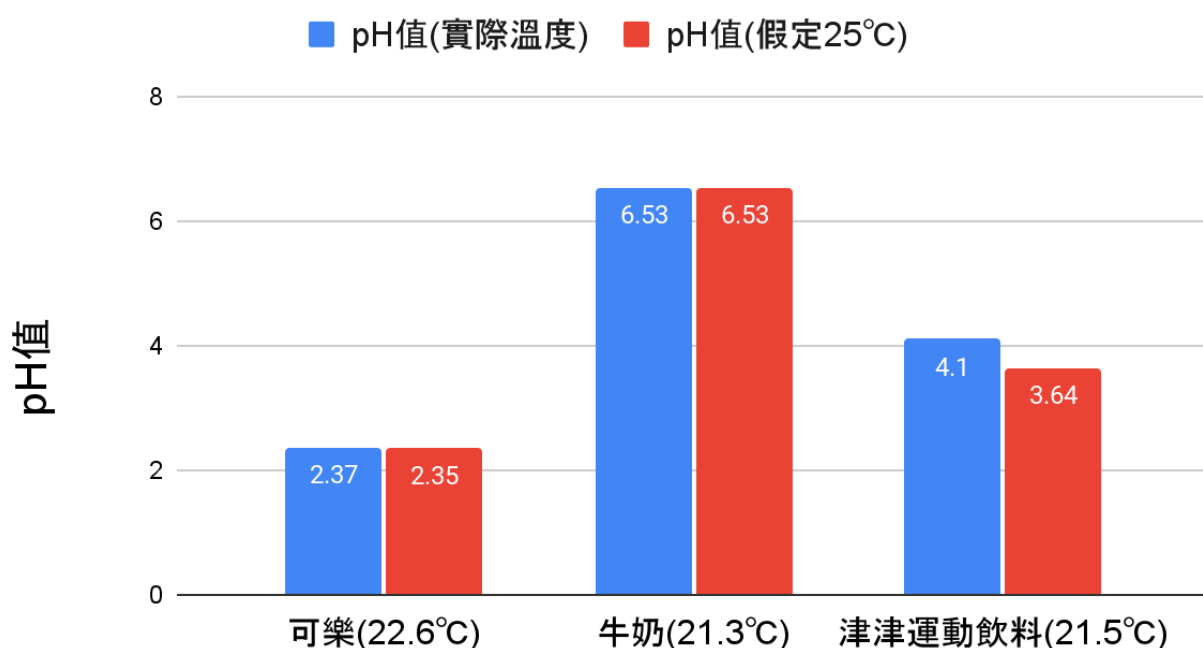


為了確認我們機器無誤,我們測量了標準液。在測量完後,我們發現我們自製的機器可以在酸性、中性以及鹼性的環境下,測量到誤差極小的數,可以從圖表看到測量到的 pH 值與標準液的誤差的數值都小於 1。

表(二)自製 pH 計日常飲料檢測

	電壓值(mV)	pH 值(實際溫度)	pH 值(假定 25°C)
可樂	271.7	2.37(22.6°C)	2.35
牛奶	27.5	6.53(21.3°C)	6.53
津津運動飲料	196.1	4.10(21.5°C)	3.64

### 自製pH計日常飲料酸鹼值檢測

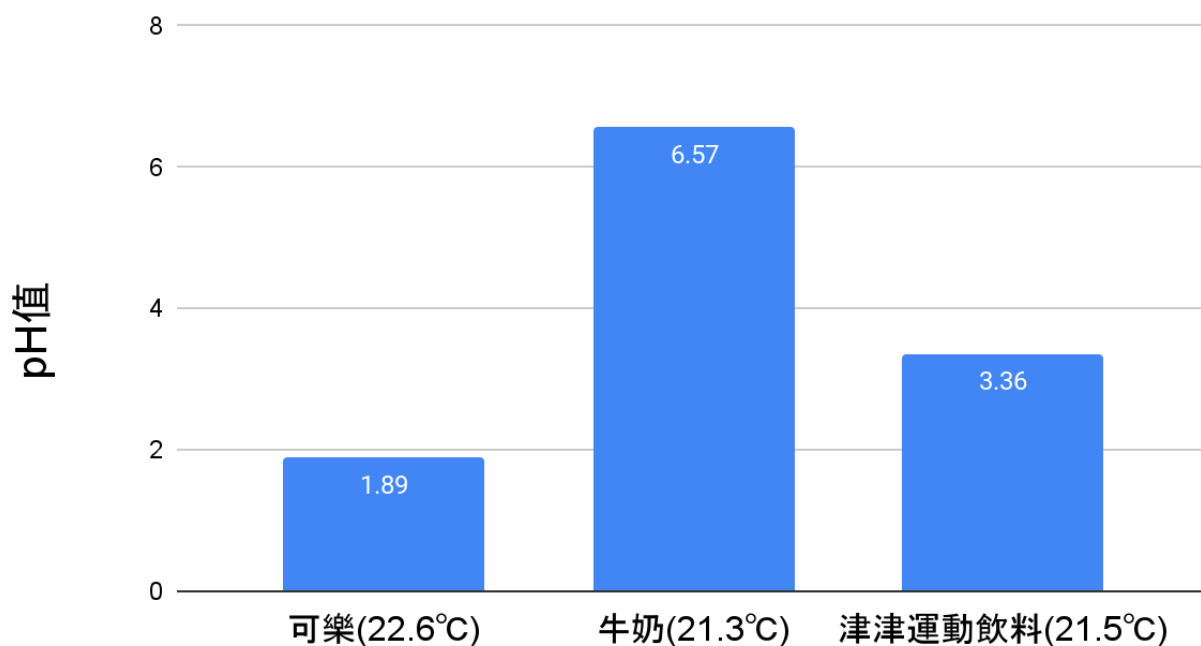


在確認完我們機器無誤後，我們決定要來測量生活中的一些飲品，並且去查詢它呈現酸性的原因。在測量前，我們預測可樂的酸鹼微酸性，因為它是碳酸飲料的一種，而結果也和我們的猜想相同，測出來的 pH 值為 2.04 呈現酸性，這也進一步驗證了我們的想法。我們也更進一步的去測量了牛奶以及運動飲料的酸鹼，並且在測量完飲品之後，我們從牛奶測出的酸鹼度接近 7，而運動飲料則是 3.25，我們從牛奶測出的酸鹼度接近 7，呈現相當弱的酸性，而運動飲料則是 3.25，呈現酸性，在查詢運動飲料成分後，我們發現它含有檸檬酸，所以才會呈現酸性。

表(三)市售 pH 計日常飲料檢測

	電壓值(mV)	pH 值	實際溫度(°C)
可樂	217	1.89	22.6
牛奶	31	6.57	21.3
津津運動飲料	195	3.36	21.5

市售pH計日常飲料酸鹼值檢測

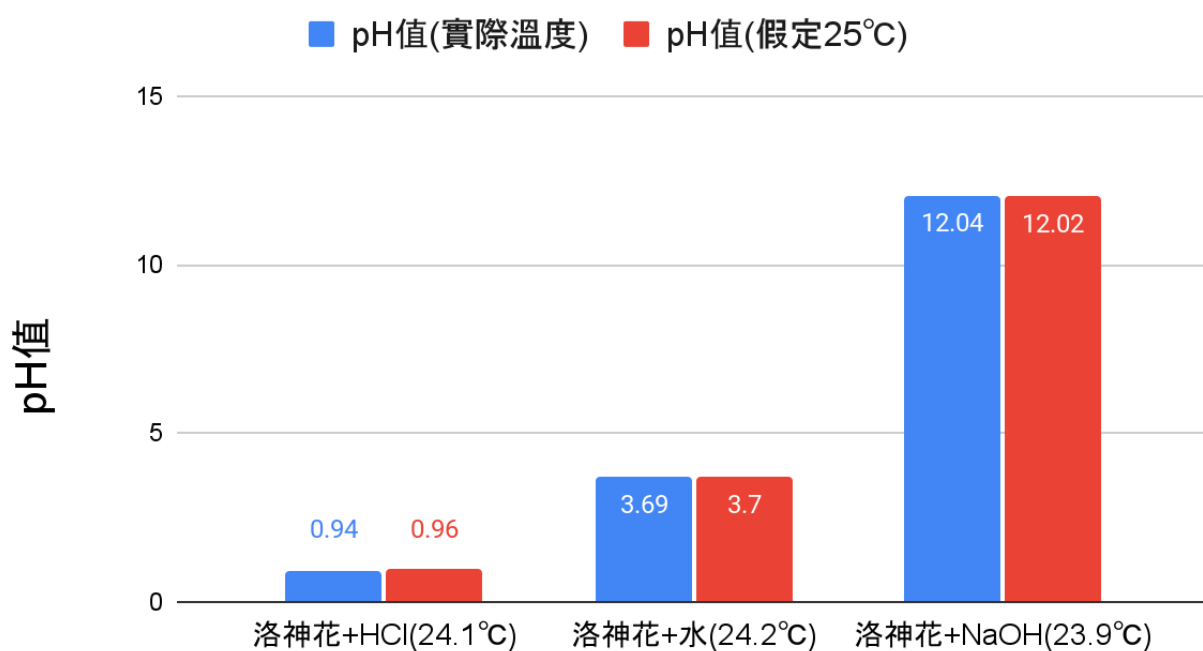


在用自製 pH 計測量完飲品後，我們便使用了 JENCO 牌的市售 pH 計再次測量一次，並且比對兩組的差距，我們可以發現市售 pH 計多了測量溫度的功能，在查詢後，我們了解了溫度會影響計算的數字，導致自製 pH 計測出來的伏特數在代入公式時產生誤差，因此溫度也是測量時要注意的一環。

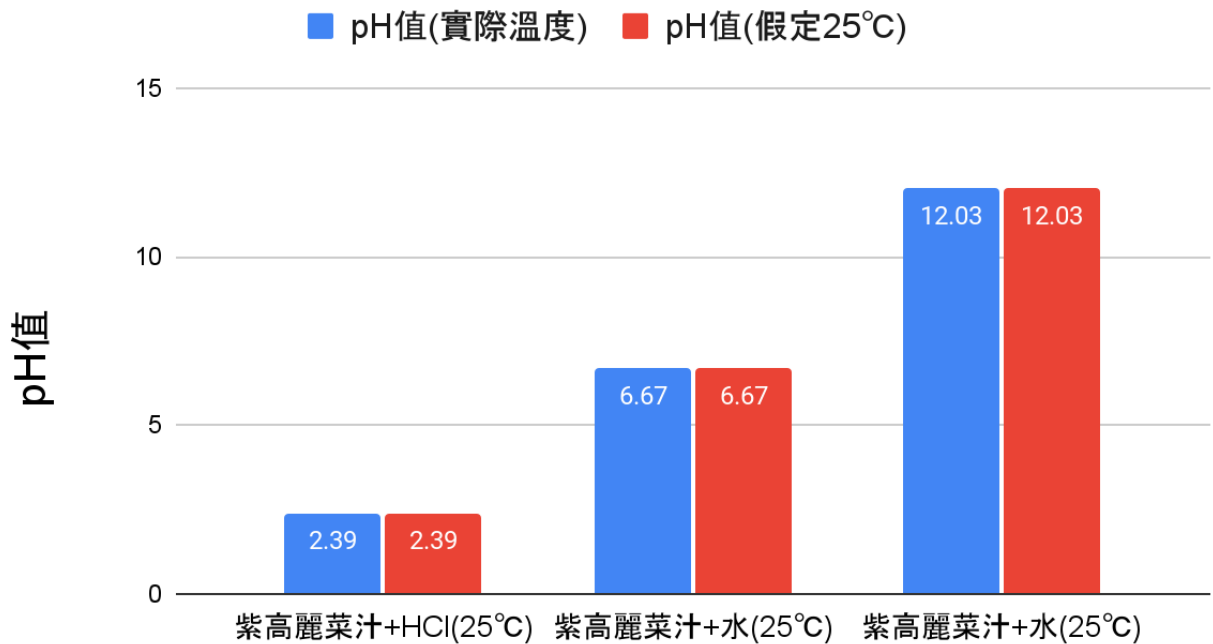
表(四)自製 pH 計花青素檢測

	電壓值(mV)	pH 值(實際溫度)	pH 值(假定 25°C)
洛神花汁+ 0.1M HCL	357.3	0.94(24.1°C)	0.96
洛神花汁+H2O	195.3	3.69(24.2°C)	3.7
洛神花汁+ 0.4M NaOH	-297.1	12.04(23.9°C)	12.02
紫高麗菜汁+ 0.1M HCL	269.3	2.39(25°C)	2.39
紫高麗菜汁+H2O	19.5	6.67(25°C)	6.67
紫高麗菜汁+ 0.4M NaOH	-293.8	12.03(25°C)	12.03

### 自製pH計花青素(洛神花)酸鹼值檢測



## 自製pH計花青素(紫色高麗菜)酸鹼值檢測

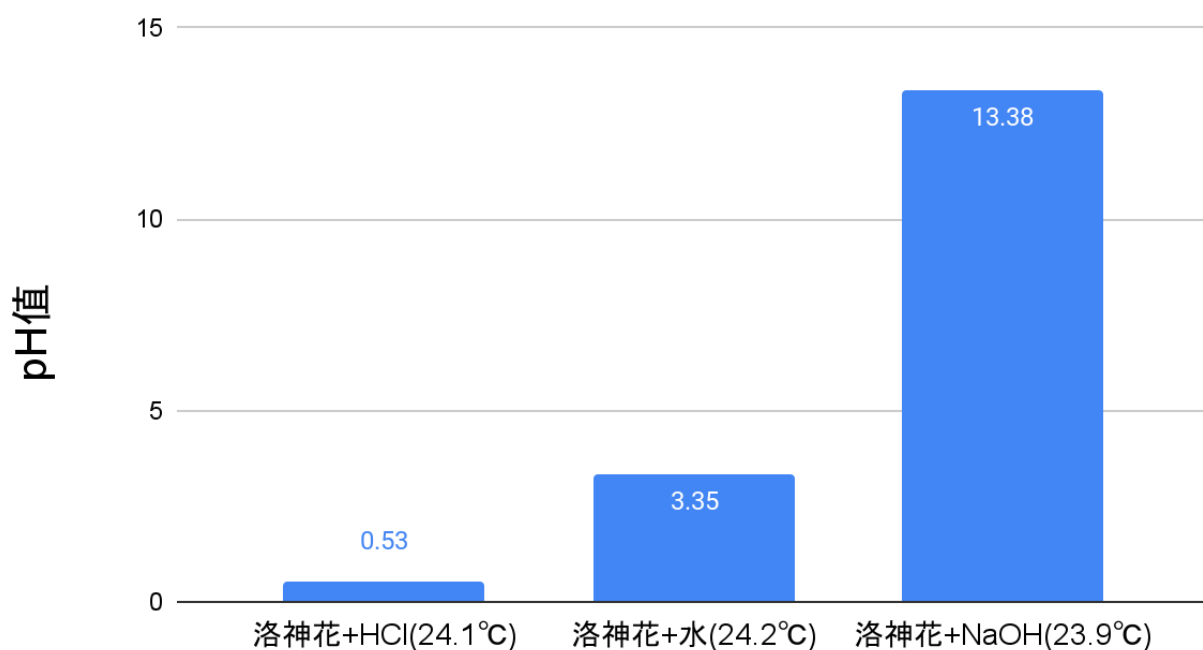


在完成實驗後，我們發現了洛神花加水也呈現酸性，在經過查詢後，我們發現會呈現酸性的原因是因為洛神花本身就為酸性，因此在加水之後也只是將原有的酸性物質稀釋了，這也是為何洛神花加水 pH 小於 7 的原因。同時我們在進行自製 pH 計測量實驗時，因為溫度剛好為 25 度，因此可以發現長條圖中橫軸的每一組所對應的數值是一樣的。

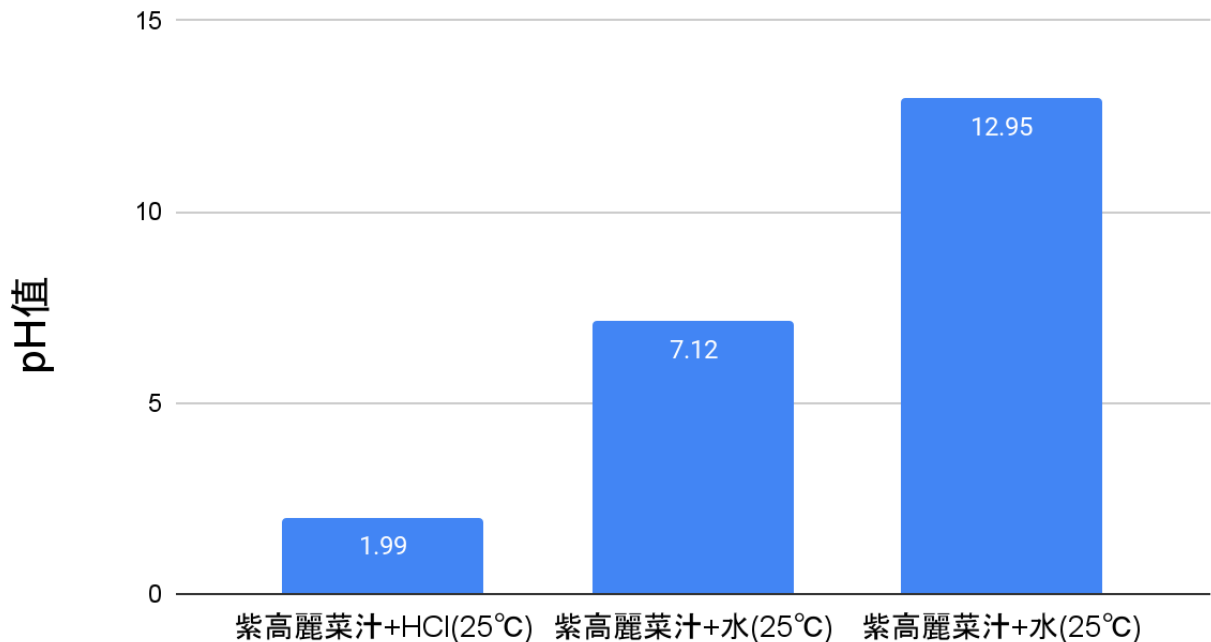
表(五) 市售 pH 計花青素檢測

	電壓值(mV)	pH 值	實際溫度(°C)
洛神花汁+0.1M HCL	343	0.53	24.1
洛神花汁+H2O	197	3.35	24.2
洛神花汁+0.4M NaOH	-318	13.38	23.9
紫高麗菜汁+0.1M HCL	270	1.99	25
紫高麗菜汁+H2O	2	7.12	25
紫高麗菜汁+0.4M NaOH	-300	12.95	25

市售pH計花青素(洛神花)酸鹼值檢測



## 市售pH計花青素(紫色高麗菜)酸鹼值檢測



我們從市售 pH 計測量花青素的表格中可以發現，透過市售 pH 計的溫度測量功能所測到的溫度為 25 度。這也進一步驗證了我們用來算出電壓值算是準確，我們算式是將溫度與電壓值代入去算出最終 pH 值，並且我們以 25 度為基準來設立代入數字，因此，當數字剛好為 25 度時，用算式算出來的數字便會與用假定溫度算出來的數字相同。

### 柒、討論

過此次實驗我們發現市售 pH 計比自製的貴了許多，市售 pH 計需要 3900 元，而自製 pH 計(玻璃電極、材料)只需要 2000 元，比市售的便宜了 1900 元，並且量測到的的酸鹼值也與市售 pH 計非常相似，少數缺點便是在測量時需耐心等待，否則便會有失誤，還有在測量時必須要記錄溫度，因為一開始我們使用的初始算式是假定溫度為 25 度，但許多藥品會因為溫度的變化而改變酸鹼，因此在測量時需要用溫度計量測液體溫度，並且代入算式運算。

### 捌、結論

- (一)自製 pH 計所得的結果與實際上的結果誤差都不超過 10%，且造價較市售便宜許多
- (二)從此次實驗中，我們發現自製 pH 計最貴的地方是玻璃電極，因為玻璃電極上的小圓球有一個特製的薄膜，那層薄膜能用來與氫離子產生反應，使我們測得電壓。
- (三)在做 pH 計時，時常發生測得的電壓值誤差非常大或是不符的情況，在檢查下便發現是電線短路，在進行重新連接後便可測得電壓值。

(四)同時我們發現溫度也會造成自製 pH 計和市售 pH 計的誤差，因為有些溶液在不同溫度下酸鹼度是不同，且也有些材料會因為溫度的不同讓溶解度不同導致誤差較大。

(五)用自製 pH 劑時需要等待數字停止，若是數字還沒停止便紀錄，就會導致極大的誤差，所以用自製測量時必須耐心等待，確保數值穩定再紀錄極大的誤差，所以用自製測量時必須耐心等待，確保數值穩定再紀錄。

## 玖、文獻探討

(一)[https://www.top945.com.tw/celebrity\\_Data.asp?ID=220](https://www.top945.com.tw/celebrity_Data.asp?ID=220)

(二)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/091403.pdf>

(三)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-082933.pdf?891>

(四)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/080206.pdf>

(五)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080803.pdf>

(六)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-080205.pdf>

(七)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0815/081519.pdf>

(八)<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020/NPHSF2020-080208.pdf>

400

(九)<https://www.thoughtco.com/definition-of-acid-base-indicator-604738>