

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080212

察鹽觀測-探討溶液中的鹽度檢測

學校名稱：苗栗縣苑裡鎮客庄國民小學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 小六 王鵬喆 小五 張翊庭 小五 羅翊瑄 小五 劉宸宇 小四 周宥瑾 | 指導老師： 周珮真 鄭宏國 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：鹽度、電解

摘要

自然課「水溶液」單元，我們好奇怎麼得知溶液中溶質的濃度？鹽是生活中常用的佐料，但鹽攝取過多有礙健康，因此我們決定探討溶液中的鹽度檢測。針對純鹽水，自製比重計、光折射率及通電電流都是可行的方法，鹽的濃度越高，比重計的沉水深度越淺、光的折射角越小、通電電流越大。加了糖的雙溶質溶液，自製比重計、光折射率都會產生偏差，糖的濃度越高產生的影響越大，運用光折射原理的市售鹽度計也一樣會產生偏差；通電電流的檢測方式，糖濃度 5% 以上，電流會受影響而變小，但當糖濃度 5%，通電電流並不會產生明顯影響，因此我們以通電電流來檢測市售火鍋湯底的鹽度，能有不錯的成效。改以太白粉為第二溶質會產生黏滯性，適用的濃度則為 3%。

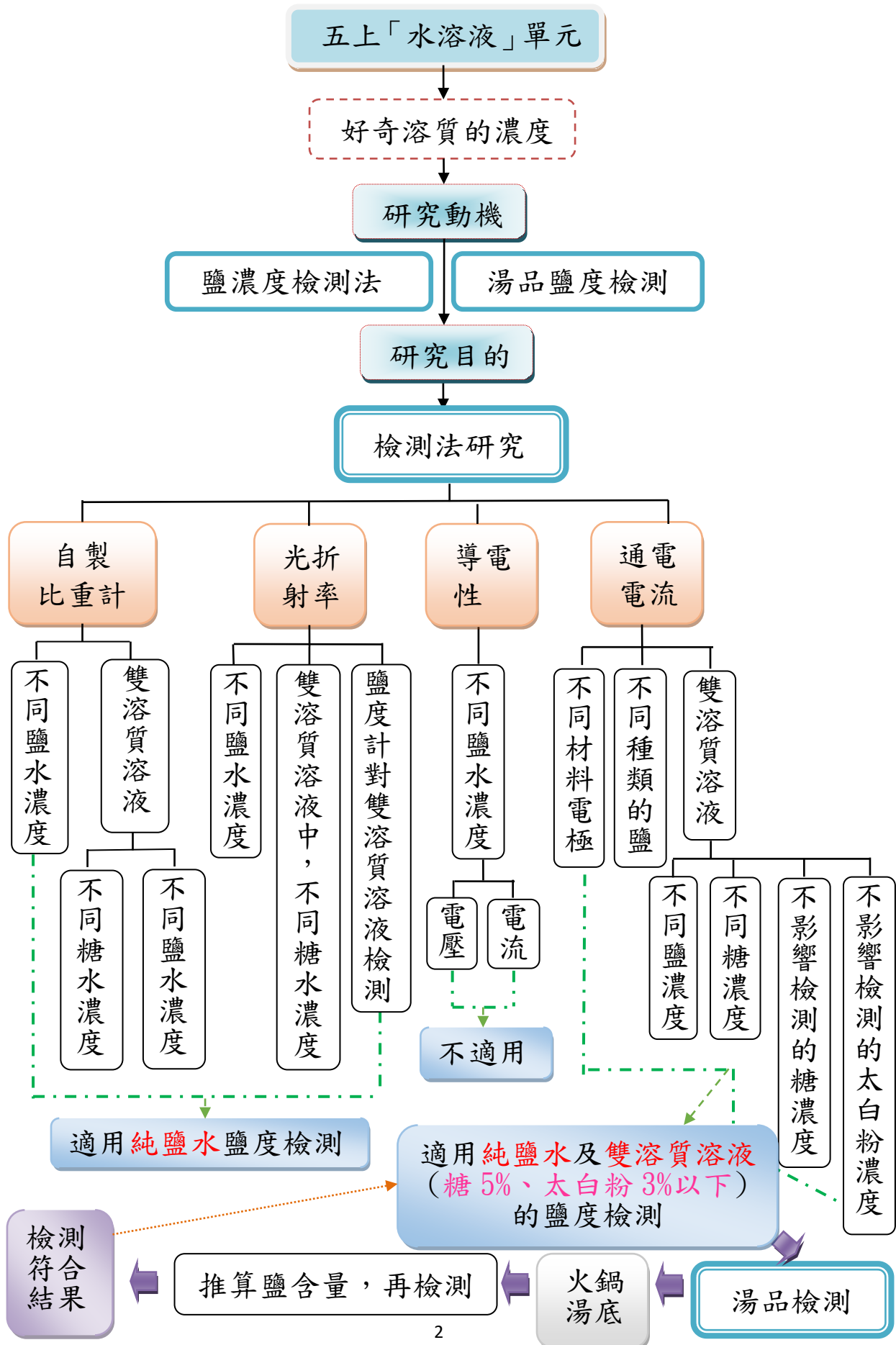
壹、研究動機

五上自然課的「水溶液」單元，老師讓我們體驗以五官觀察法去分辨一些未知的水溶液，學習到溶質在溶液中並未消失，仍保留其原本性質，這引起我們的好奇，未知水溶液中的溶質溶解在溶劑後，我們就無法得知溶質的實際濃度了嗎？食物中添加的物質，仍會影響著我們的身體，其中「鹽」幾乎是每天都會攝取，但如果過量卻會造成人體上的負擔。世界衛生組織 WHO 建議成人每日鹽攝取量以不超過 5 克為主，而在外用餐時要如何檢測湯品中的鹽度？我們考量到湯品中的佐料常不只一種，但上網蒐集資料時卻發現沒有人針對雙溶質溶液的鹽度檢測進行過研究，因此我們決定以檢測鹽度為研究題目，希望可以找到檢測溶液中鹽度的方法，並進一步探討檢測雙溶質溶液鹽度的方法。

貳、研究目的

- 一、探討鹽水濃度對自製比重計沉水深度的影響。
 - (一) 不同的鹽水濃度對比重計沉水深度的影響。
 - (二) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，不同的糖水濃度對比重計沉水深度的影響。
 - (三) 雙溶質溶液中，固定的糖水濃度下，不同的鹽水濃度對比重計沉水深度的影響。
- 二、探討鹽水濃度對光折射率的影響。
 - (一) 不同的鹽水濃度對光折射率的影響。
 - (二) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，不同的糖水濃度對光折射率的影響。
 - (三) 市售鹽度計對雙溶質溶液的鹽度檢測。
- 三、探討不同的鹽水濃度對導電性的影響。
 - (一) 不同的鹽水濃度對電流的影響。
 - (二) 不同的鹽水濃度對電壓的影響。
- 四、探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響。
 - (一) 比較不同材料的電極，不同的鹽水濃度對通電電流的影響。
 - (二) 比較不同種類的鹽，不同的鹽水濃度對通電電流的影響。
 - (三) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，不同的糖水濃度對通電電流的影響。
 - (四) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，探討不影響通電電流的糖水濃度。
 - (五) 雙溶質溶液中，固定的糖水濃度下，不同的鹽水濃度對通電電流的影響。
- 五、對市售火鍋湯底及黏滯性溶液的鹽度檢測。

參、研究架構



肆、研究設備及器材

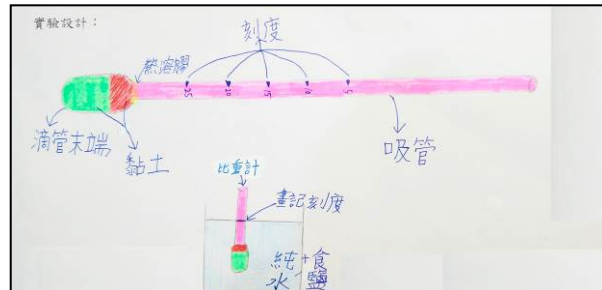
一、研究設備

自製比重計、燒杯、量筒、電子溫度計、電子秤、鹽、糖、太白粉、攪拌棒、RO 逆滲透純水、量角器、雷射筆、銅片、鋅片、鎂片、碳棒、數位三用電錶、鱷魚夾線、可調式變壓器、碼錶、湖鹽、岩鹽(玫瑰鹽)、減鈉含碘鹽、無碘鹽、氟碘鹽、塑膠瓶、塑膠方盒、滴管、市售鹽度計、熱熔膠、光折射觀察器、黑筆、市售火鍋湯底、秤藥紙、小白積木、沖水器

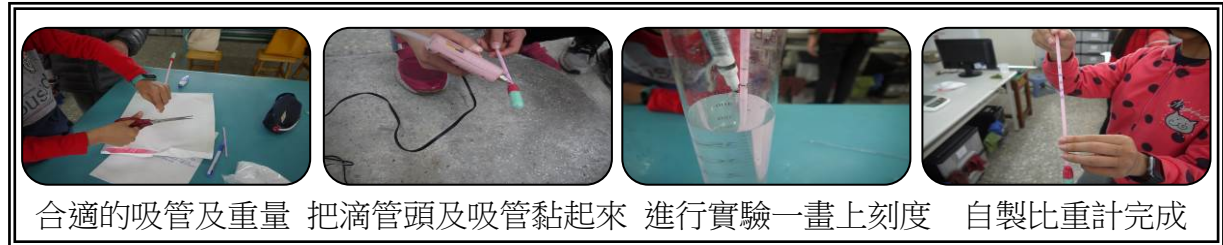
二、實驗設備設計

(一) 自製比重計

- (1) 取一粗細適用的吸管。
- (2) 剪下滴管末端，將黏土塞入增加重量。
- (3) 將吸管跟滴管末端用熱熔膠黏著固定。
- (4) 進行已知鹽水濃度的檢測並畫上刻度。



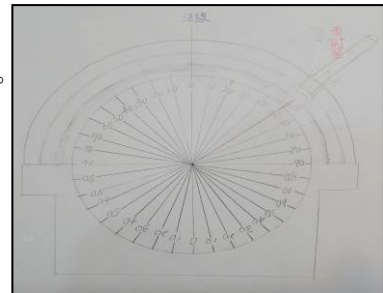
圖一 自製比重計



圖二 自製比重計製作過程

(二) 光折射觀察器

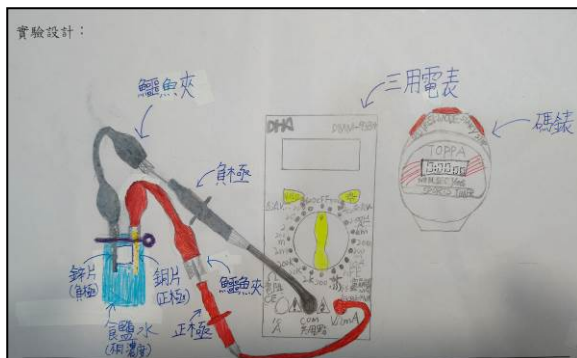
- (1) 將量角器圖片調整至符合光折射觀察器的大小並列印。
- (2) 將量角器圖片護貝後黏貼在觀察器上。
- (3) 將雷射筆固定於入射角 50 度（入射角設定大一點的角度，可以觀察的折射角範圍會大一點，利於觀察）。



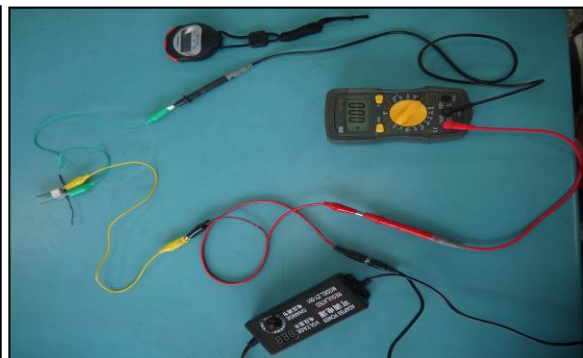
圖三 光折射觀察器

(三) 導電性及通電電流實驗設備

- (1) 製作電極：兩電極金屬片之間以熱熔膠黏上小白積木，即電極間距以小白積木固定為 1 公分；小白積木底部距電極金屬片底部 2.3 公分，即控制入水深度為 2.3 公分。
- (2) 導電性實驗：直接透過鱷魚夾線連接三用電錶及電極。
- (3) 通電電流實驗：透過鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器、電極。



圖四 導電性實驗設備



圖五 通電電流實驗設備

伍、研究過程與結果

一、研究一：探討鹽水濃度對自製比重計沉水深度的影響

想法：鹽溶解在水中，溶液的密度會變大，不同密度的鹽水會使得浮體的沒入體積不同，那是否可用一根加了重物的吸管讓它浮沉在鹽水中以推論出鹽的濃度呢？

(一) 實驗(一) ▶ 不同的鹽水濃度對比重計沉水深度的影響

操作變因：鹽水濃度。

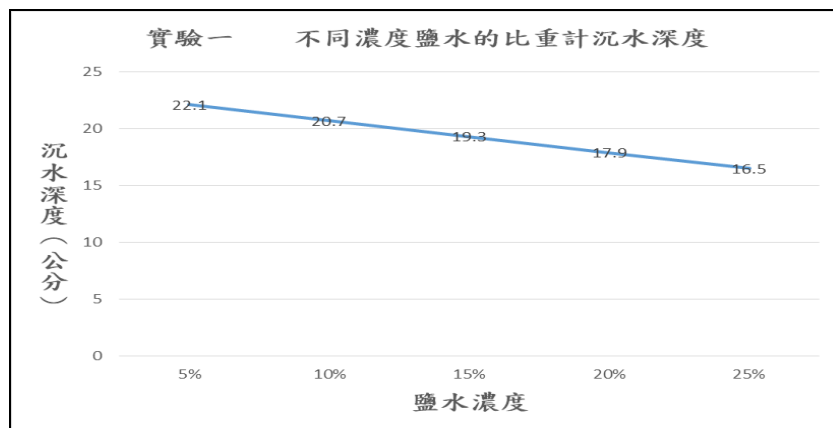
1. 實驗流程：

- (1) 依重量百分率濃度調配 5%、10%、15%、20%、25% 的鹽水各 500 cc。
- (2) 將鹽水倒入 500 cc 的量筒中。
- (3) 將自製比重計垂直置入鹽水中。
- (4) 以黑筆在自製比重計與鹽水的水面處畫上刻度。
- (5) 量測沉水深度並記錄。



圖六 研究一實驗(一)圖示

2. 實驗結果：



圖七 不同濃度鹽水的比重計沉水深度折線圖

- (1) 自製比重計在鹽水中的沉水深度，5%鹽水是 22.1 公分，10%鹽水是 20.7 公分，15%鹽水是 19.3 公分，20%鹽水是 17.9 公分，25%鹽水是 16.5 公分。

3.實驗發現：

- (1) 鹽水的濃度愈高，自製比重計的沉水深度愈淺。
- (2) 我們調配 30%的鹽水時，經攪拌 30 分鐘以上，鹽仍然不能全部順利溶解。
- (3) 鹽溶解於水中，水溫有稍微下降的現象，當天室溫約攝氏 21~22 度左右。
- (4) 不同濃度的食鹽水經操作後，劃記在自製比重計上的刻度，鹽水濃度每相差 5%，刻度之間會等距相差 1.4 公分，**鹽水濃度及沉水深度間呈現反比關係。**

4.實驗結果推測：

- (1) 鹽水濃度越高，比重會越大，因此自製比重計的沉水深度會越淺，這樣的實驗結果與課堂所學相符。
- (2) 本實驗調配 30%鹽水經攪拌 30 分鐘仍不能順利溶解，經上網查詢資料發現常溫下飽和食鹽水濃度為每 100 公克水中最多溶有食鹽 35.9 公克，換算濃度約為 26.4%，因此 30%已經超過飽和濃度 26.4%，所以食鹽無法順利溶解是合理的。
- (3) 以自製比重計測量純鹽水濃度是可行的方法。在討論後，我們想到在外面用餐時湯品中的佐料不會只有鹽，應該還會有其他溶質，所以接下來我們想要試試看自製比重計對雙溶質水溶液的鹽度檢測效果。

(二) **實驗 (二)** ▶ 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度 (15%) 下，不同的糖水濃度對比重計沉水深度的影響

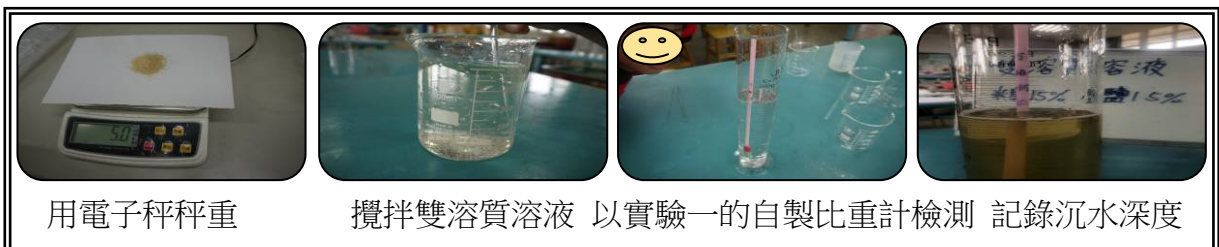
操作變因：雙溶質水溶液中，鹽的濃度固定 15%，不同的糖濃度。

1.實驗流程：

- (1) 依重量百分率濃度調配出鹽是 15%，糖是 1%、5%、15%、25%的雙溶質溶液各 500 cc，見表一。對照組糖 0%。
- (2) 將雙溶質水溶液倒入 500 cc 的量筒中。
- (3) 將實驗一中完成刻度畫記的自製比重計垂直置入鹽水中進行檢測。
- (4) 量測自製比重計的沉水深度並記錄。

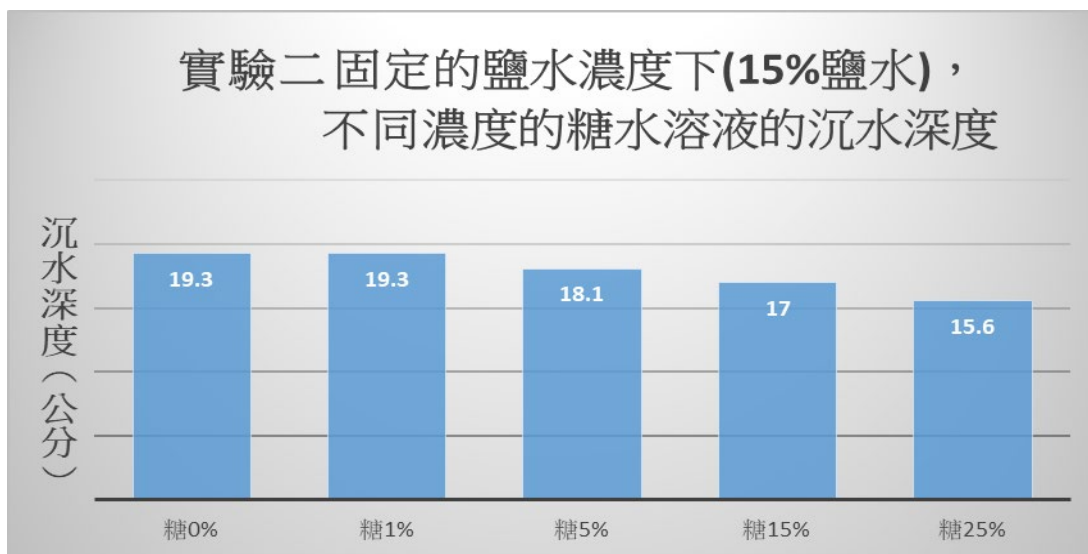
表一 依重量百分率濃度調配鹽 15%、糖多種濃度的雙溶質溶液配方表

| 鹽濃度 | 鹽重量 (公克) | 糖濃度 | 糖重量 (公克) | 水量 | 水溶液總重量 |
|-----|----------|-----|----------|-----|--------|
| 15% | 75 | 1% | 5 | 420 | 500 |
| 15% | 75 | 5% | 25 | 400 | 500 |
| 15% | 75 | 15% | 75 | 350 | 500 |
| 15% | 75 | 25% | 125 | 300 | 500 |



圖八 研究一實驗 (二) 圖示

2.實驗結果：



圖九 固定的鹽水濃度下，不同濃度的糖水溶液的沉水深度

- (1) 自製比重計在雙溶質水溶液（15%鹽）中的沉水深度，對照組（0%糖）是 19.3 公分，1%糖是 19.3 公分，5%糖是 18.1 公分，15%糖是 17 公分，25%糖是 15.6 公分。

3.實驗發現：

- (1) 與實驗一的純鹽水 15%的沉水深度相比，糖濃度 1%時並無差異；糖濃度 5%時沉水深度少了 1.2 公分；糖濃度 15%時少了 2.3 公分，糖 25%時少了 3.7 公分。
- (2) 固定鹽的濃度 15%時，糖的濃度越高，對自製比重計的沉水深度產生的影響越大，但產生的差異與糖的濃度之間並沒有呈現出等比例的關係。

4.實驗結果推測：

- (1) 雙溶質水溶液中含有兩種溶質，水溶液的密度就會增加，進而影響到自製比重計的測量，因此我們認為**比重計可以測量水溶液的比重，卻沒有辦法測量出雙溶質溶液中單一溶質的濃度**，所以我們認為自製比重計無法準確測量生活中湯品的鹽度。
- (2) 當糖的濃度只有 1%時，並沒有產生差異，所以我們想試試看如果糖的濃度只有 1%時，是否能利用自製比重計檢測出鹽度？

(三) **實驗 (三)** ▶ 雙溶質溶液中，固定的糖水濃度（1%）下，不同的鹽水濃度對比重計沉水深度的影響

操作變因：雙溶質水溶液中，糖的濃度固定 1%，不同的鹽濃度。

1.實驗流程：

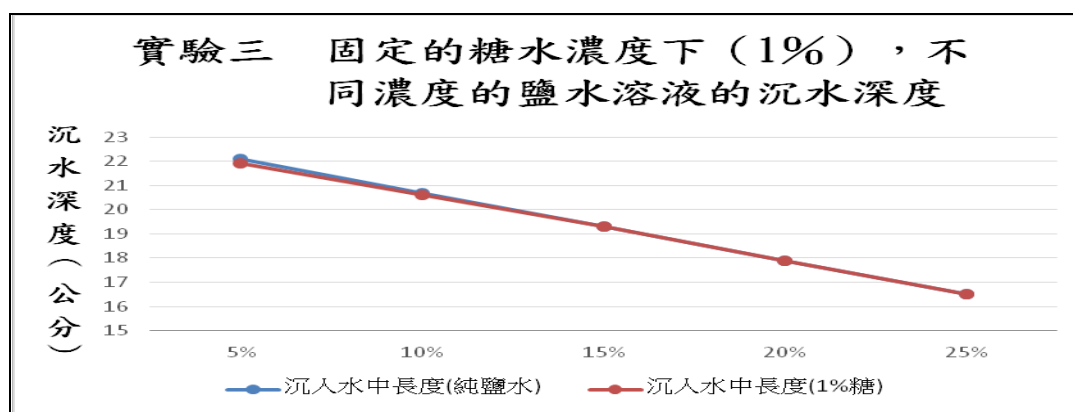
- (1) 依重量百分率濃度調配出糖是 1%，鹽是 5%、10%、15%、20%、25%的雙溶質溶液各 500 cc，見表二。對照組糖 0%。

- (2) 將雙溶質水溶液倒入 500 cc 的量筒中。
- (3) 將實驗一完成刻度畫記的自製比重計垂直置入鹽水中。
- (4) 量測自製比重計的沉水深度並記錄。

表二 依重量百分率濃度調配鹽多種濃度、糖 1% 的雙溶質溶液配方表

| 鹽濃度 | 鹽重量 (公克) | 糖濃度 | 糖重量 (公克) | 水量 | 水溶液總重量 |
|-----|----------|-----|----------|-----|--------|
| 5% | 25 | 1% | 5 | 470 | 500 |
| 10% | 50 | 1% | 5 | 445 | 500 |
| 15% | 75 | 1% | 5 | 420 | 500 |
| 20% | 100 | 1% | 5 | 395 | 500 |
| 25% | 125 | 1% | 5 | 370 | 500 |

2. 實驗結果：



圖十 固定的糖水濃度下，不同濃度的鹽水溶液的沉水深度折線圖

表三 實驗三糖 1% 與純鹽水的自製比重計檢測結果對照表

| 鹽濃度 組別 | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% |
|-------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 實驗組 糖 1% | 21.9cm | 20.6cm | 19.3 cm | 17.9 cm | 16.5 cm |
| 對照組 糖 0% | 22.1 cm | 20.7cm | 19.3 cm | 17.9 cm | 16.5 cm |

3. 實驗發現：

- (1) 固定糖濃度為 1% 時，鹽的濃度越高，自製比重計沉入水中的深度越淺。
- (2) 比對實驗一的數據，見表三，在鹽的濃度是 5% 的情形之下，純鹽水（糖 0% 組）的沉水深度是 22.1 公分，糖 1% 組的沉水深度是 21.9 公分，相差 0.2 公分。
- (3) 比對實驗一的數據，見表三，在鹽的濃度是 10% 的情形之下，純鹽水（糖 0% 組）的沉水深度是 20.7 公分，糖 1% 組的沉水深度是 20.6 公分，相差 0.1 公分。
- (4) 比對實驗一的數據，見表三，在鹽的濃度是 15%、20%、25% 的情形之下，純鹽水（糖 0% 組）與糖 1% 組的沉水深度並沒有產生差異。

4.實驗結果推測：

- (1) 雙溶質溶液中，糖濃度固定 1%時，鹽的濃度越高，即鹽跟糖的濃度比相差越大時，糖對沉水深度的影響越不明顯，自製比重計就可以檢測出正確的鹽度。
- (2) 由實驗二、三中發現，在雙溶質溶液中，除非糖的濃度小且鹽的濃度比糖的濃度大很多，否則利用自製比重計來測量鹽度將會產生偏差，因此我們認為自製比重計僅適用於純鹽水的鹽度檢測。

二、研究二：探討鹽水濃度對光折射率的影響

想法：在四年級的自然課學到有關光的折射，了解到光在進入不同的介質中會產生不同的偏折現象，因此我們想試試透過光在鹽水溶液的折射率來檢測鹽水濃度。

(一) **實驗(四)** ▶ 不同的鹽水濃度對光折射率的影響

操作變因：鹽水濃度。

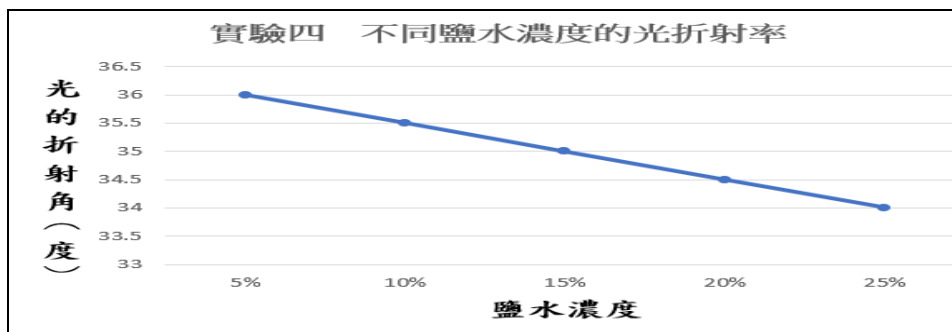
1.實驗流程：

- (1) 使用實驗設備中的光折射觀察器，為裝滿觀察器的容器，取固定水量 1262.5cc，再依重量百分率濃度調配 5%、10%、15%、20%、25%的鹽水，並倒入容器。
- (2) 將雷射筆固定在光折射觀察器距離法線 50 度角的位置（入射角 50 度，入射角設定大一點的角度，可以觀察的折射角範圍會大一點，利於觀察）。
- (3) 開啟雷射筆，觀察光折射的角度(折射角)並記錄。



圖十一 研究二實驗(四)圖示

2.實驗結果：



圖十二 不同鹽水濃度的光折射率折線圖

- (1) 雷射筆在不同濃度鹽水中的光折射角度，5%鹽水是 36 度，10%鹽水是 35.5 度，15%鹽水是 35 度，20%鹽水是 34.5 度，25%鹽水是 34 度。

3.實驗發現：

- (1) 鹽水的濃度愈高，光偏折的角度愈大，即折射角越小。
 (2) 鹽水濃度每相差 5%，光的折射角就會相差 0.5 度，**鹽水濃度和光的折射角度呈現反比關係。**

4.實驗結果推測：

- (1) 課堂上老師講過光在密介質中行進的速度會較慢，因此鹽水溶液濃度越高，折射角會越小，這樣的實驗結果與課堂所學相符。
 (2) 以光的折射率來測量純鹽水的鹽水濃度應是可行的方法，而接下來我們想要了解運用光的折射率對雙溶質水溶液的鹽度檢測效果。

(二) **實驗(五)** ▶ 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度(15%)下，不同的糖水濃度對光折射率的影響

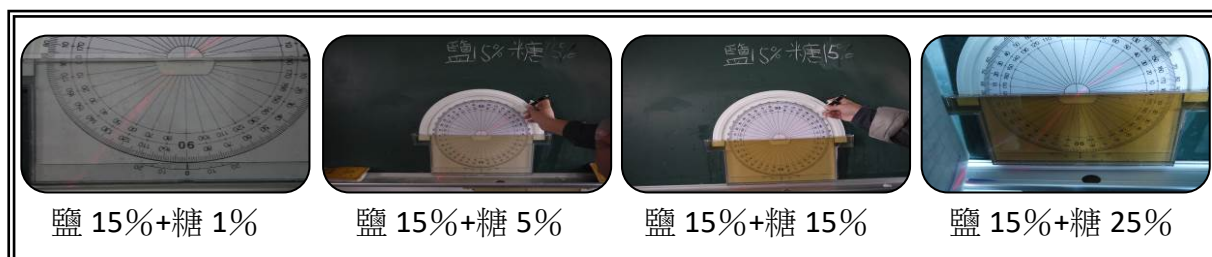
操作變因：雙溶質水溶液中，鹽的濃度固定，不同的糖濃度。

1.實驗流程：

- (1) 固定水量 1262.5cc，依重量百分率濃度調配出鹽是 15%，糖是 1%、5%、15%、25%的雙溶質水溶液，見表四。對照組是糖 0%。
 (2) 將雙溶質水溶液倒入光折射觀察器下方 1262.5cc 的容器中。
 (3) 將雷射筆固定在光折射觀察器距離法線 50 度角的位置（入射角 50 度，入射角設定大一點的角度，可以觀察的折射角範圍會大一點，利於觀察）。
 (4) 開啟雷射筆，觀察光折射的角度(反射角)並記錄。

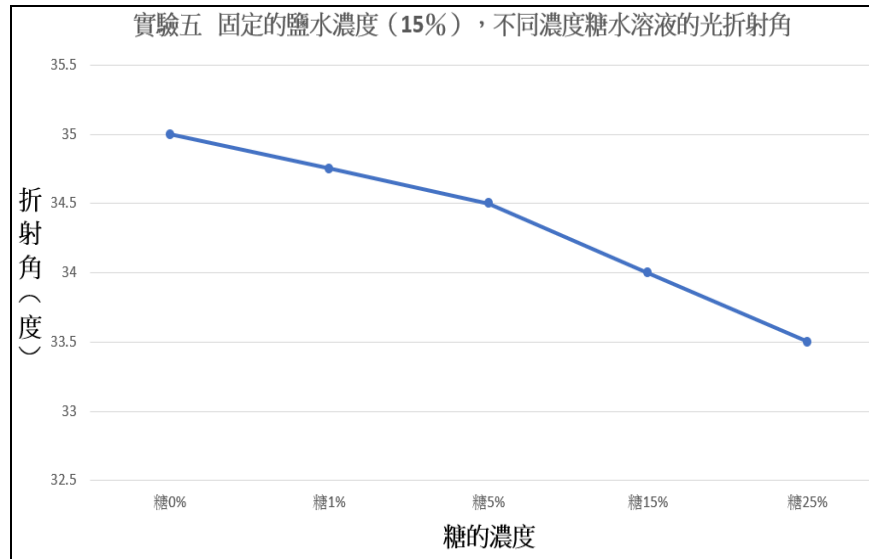
表四 依重量百分率濃度調配鹽 15%、糖多種濃度、固定水量雙溶質溶液配方表

| 鹽濃度 | 鹽重量(公克) | 糖濃度 | 糖重量(公克) | 水量 | 水溶液總重量 |
|-----|---------|-----|---------|--------|--------|
| 15% | 225.5 | 1% | 15 | 1262.5 | 1503 |
| 15% | 237 | 5% | 79 | 1262.5 | 1578.5 |
| 15% | 270.5 | 15% | 270.5 | 1262.5 | 1803.5 |
| 15% | 316 | 25% | 526 | 1262.5 | 2104.5 |



圖十三 研究二實驗(五)圖示

2.實驗結果：



圖十四 固定鹽水濃度，不同糖水濃度的光折射率折線圖

- (1) 雙溶質水溶液，鹽固定為 15%，所產生的光折射角，對照組的純鹽水(0%糖)是 35 度，1%糖是 34.75 度，5%糖是 34.5 度，15%糖是 34 度，25%糖是 33.5 度。

3.實驗發現：

- (1) 與實驗四的純鹽水 15%所產生的折射角相比，加入糖後，折射角會變小，且糖的濃度越高，折射角會越小，但兩者之間並沒有呈現出等比例的關係。
- (2) 糖的濃度越高，雙溶質水溶液的顏色會越深，在光行進角度的判讀上會變得不清楚，即便關燈、關窗簾，還是會有不易判讀的情形。
- (3) 實驗用的雷射筆射出的光線有一定的寬度，所以在折射角的判讀上沒辦法精確到很小的刻度。

4.實驗結果推測：

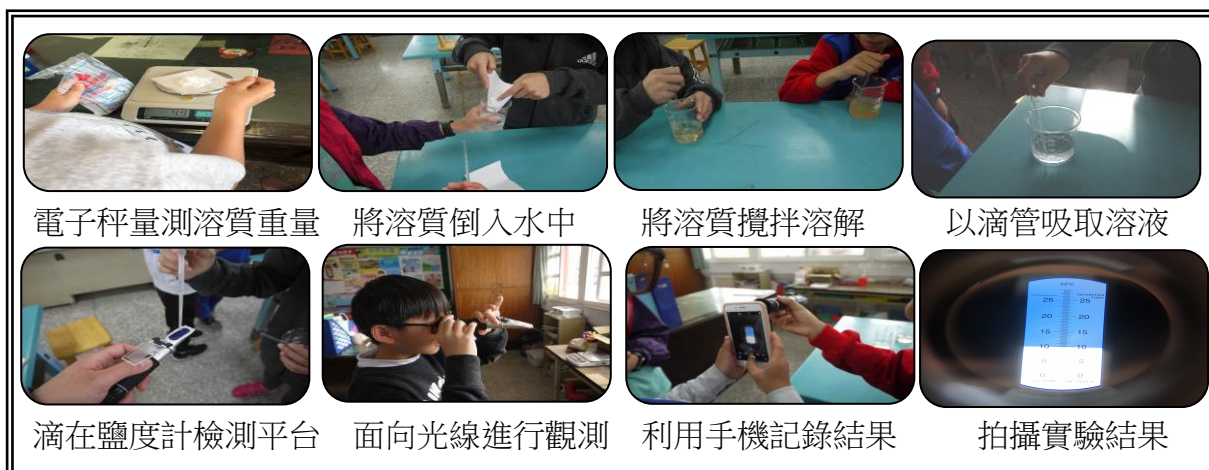
- (1) 光在不同的介質中有不同的行進速度，鹽水中加入糖就可能影響到光偏折的角度，因此我們認為運用光折射率可以測量純鹽水溶液的鹽度，卻沒有辦法精確檢測雙溶質溶液中的鹽度。
- (2) 我們在實驗過程中發現有一款市售鹽度計，也是運用光的折射率來檢測鹽度，因此我們很好奇市售鹽度計的檢測效果，便上網購買一支鹽度計來實驗。

(三) **實驗(六)** ▶ 市售鹽度計對雙溶質溶液的鹽度檢測

操作變因：雙溶質水溶液中，鹽的濃度固定 10%，不同的糖濃度。

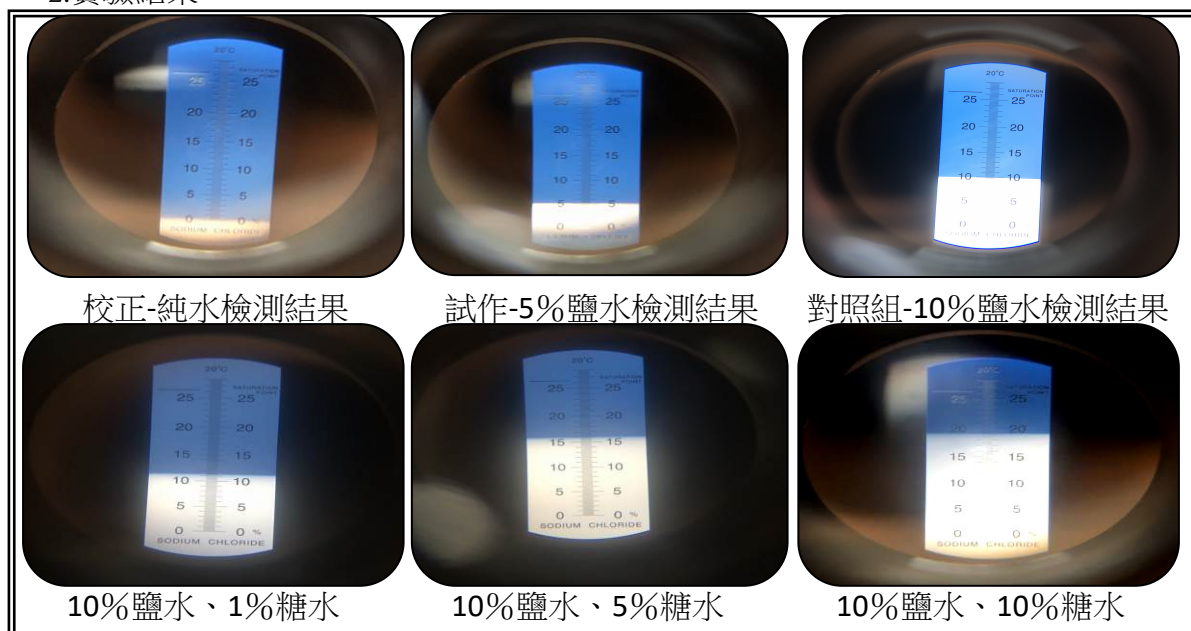
1.實驗流程：

- (1) 依重量百分率濃度調配出鹽是 10%，糖是 1%、5%、10%的雙溶質溶液各 100 cc。
- (2) 以滴管將雙溶質水溶液滴一滴在市售的鹽度計檢測平台上。
- (3) 面向光線進行觀測，並以手機將檢測的結果拍攝下來做記錄。



圖十五 研究二實驗（六）圖示

2.實驗結果：



圖十六 市售鹽度計對雙溶質溶液的鹽度檢測結果

- (1) 純水檢測結果為 0%，無須校正，5%的純鹽水試作檢測結果為 5%、對照組 10%的純鹽水檢測結果為 10%。
- (2) 雙溶質溶液檢測結果中，10%鹽、1%糖的檢測結果約為 11%；10%鹽、5%糖的檢測結果為 16%；10%鹽、10%糖的檢測結果為 19%。

3.實驗發現：

- (1) 本實驗使用的市售鹽度計標示可以檢測 28%以內的鹽度，我們以這個市售鹽度計檢測 5%純鹽水及 10%純鹽水，都能正確檢測出鹽度。
- (2) 針對雙溶質溶液進行檢測時，就無法檢測出正確的鹽度，檢測出的鹽度接近或等於兩種溶質的濃度之和，如 10%的鹽、1%的糖測出來的結果是鹽度 11%。

4.實驗結果推測：

- (1) 市售鹽度計只能針對純鹽水進行鹽度檢測，如果是雙溶質水溶液則會失準。
- (2) 該鹽度計的網站賣場商品介紹中提及可以拿來檢測生活中較不油膩的湯汁鹽度，我們認為這一點是有疑慮的，需要後續再驗證。
- (3) 這款市售鹽度計使用的原理是光折射率的應用，但實驗結果與實驗五相同：光折射率可以運用在純鹽水的鹽度檢測，卻不能運用在雙溶質水溶液的鹽度檢測。因此我們需要再想想其他的研究方向。

三、研究三：探討不同的鹽水濃度對導電性的影響

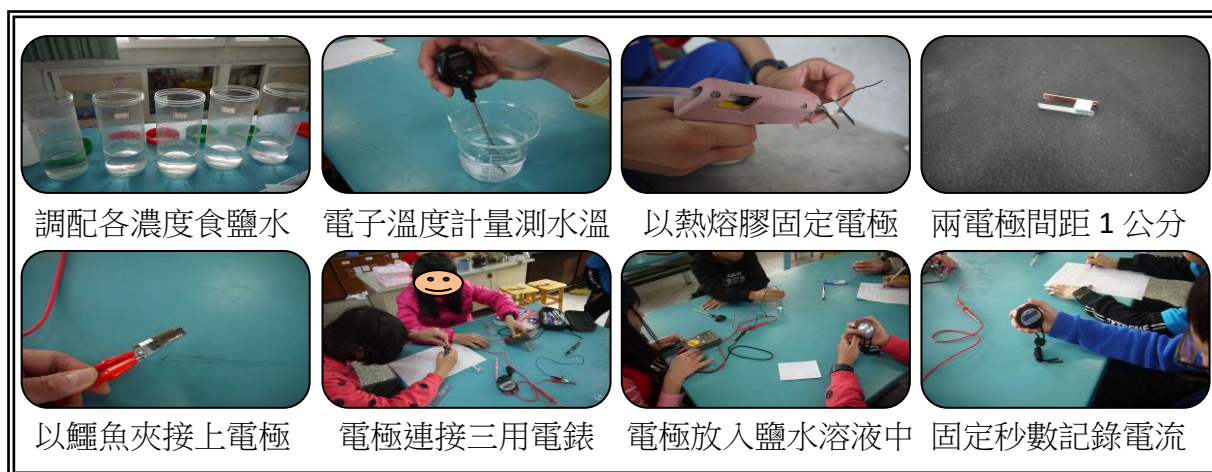
想法：研究一及研究二的方法都可以檢測純鹽水的濃度，但是加了糖後，就會影響鹽度的檢測，所以我們朝鹽跟糖的差異性去發想，想到五年級的自然課有學到鹽水水溶液會導電，而糖水水溶液不會導電的差異性，鹽水的濃度不同是否會影響到導電性？於是我們設計實驗來探討，我們想到一般電池是鋅銅電池，所以決定先以鋅、銅當作電極來觀察電流及電壓的變化。

(一) **實驗(七)**▶ 不同的鹽水濃度對電流的影響

操作變因：鹽水濃度。

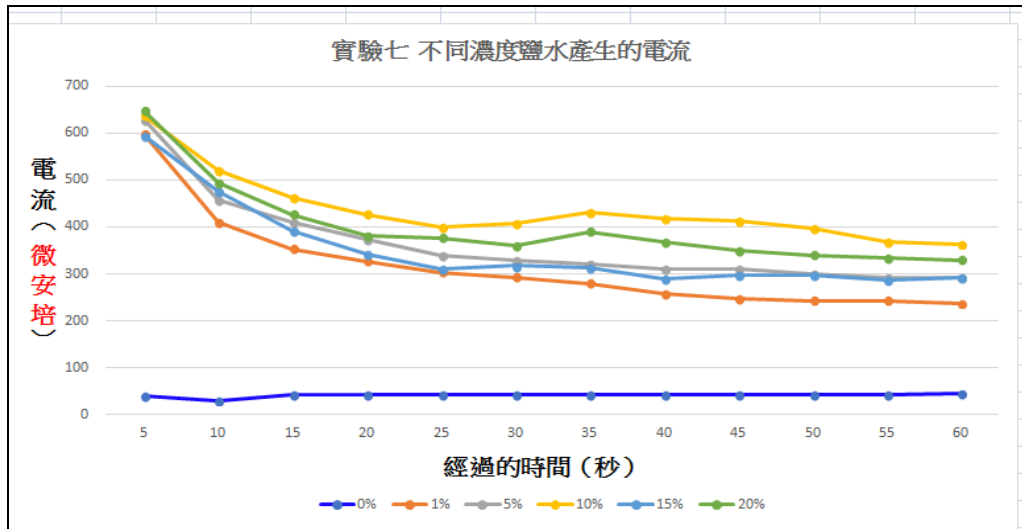
1.實驗流程：

- (1) 調配不同濃度的鹽水，分別是 1%、5%、10%、15%、20%，對照組 0%。
- (2) 以銅片為正極、鋅片為負極，銅片、鋅片的寬度為 0.8 公分，兩電極間以 1 公分的小白積木固定間距。
- (3) 量測溶液溫度，並將鹽水 18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (4) 以鱷魚夾線連接三用電錶及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (5) 將兩電極放入鹽水溶液中，入水深度固定 2.3 公分。
- (6) 電極一放入鹽水溶液中便開始使用碼錶計時。
- (7) 記錄三用電錶顯示的電流，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (8) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。



圖十七 研究三實驗(七)圖示

2.實驗結果：



圖十八 不同濃度鹽水產生的電流折線圖

3.實驗發現：

- (1) 對照組純水(0%鹽水)，有量測到極微弱的電流約 0.04mA。
- (2) 不同濃度的鹽水產生的電流大部分介於 0.25~0.45mA。
- (3) 10%的鹽水產生的電流相對最大，約 0.4~0.45mA。
- (4) 電極一放入水中時，瞬間會產生相對較大的電流，量測到最大的電流約 11 mA。
- (5) 量測時間越久，電流有稍稍變小的趨勢。

4.實驗結果推測：

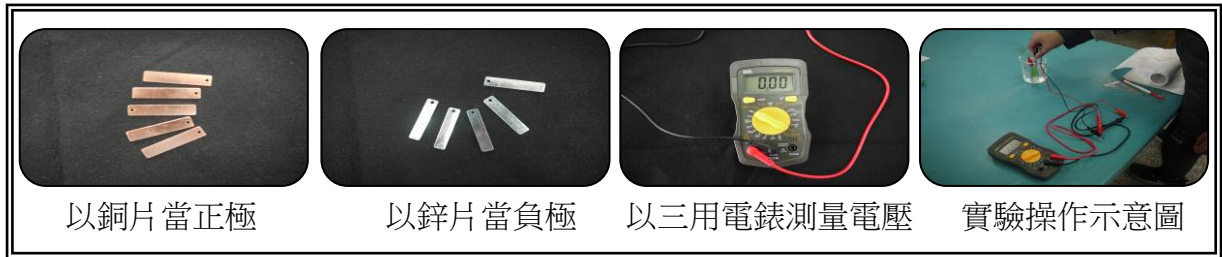
- (1) 以銅片和鋅片為電極產生的電流很小，且不會隨著鹽水濃度而產生正相關或負相關的變化，所以我們認為本實驗的方法並不適合用來檢測鹽水濃度。
- (2) 以銅片和鋅片為電極產生的電流會隨時間稍稍變小，推測與電極表面耗損有關。
- (3) 依實驗七設計所產生的電流並沒有規律性，但我們也好奇如果是測量電壓呢？於是我們進行了實驗八，看看不同的鹽水濃度對電壓會有什麼影響。

(二) 實驗(八) ▶ 不同的鹽水濃度對電壓的影響

操作變因：鹽水濃度。

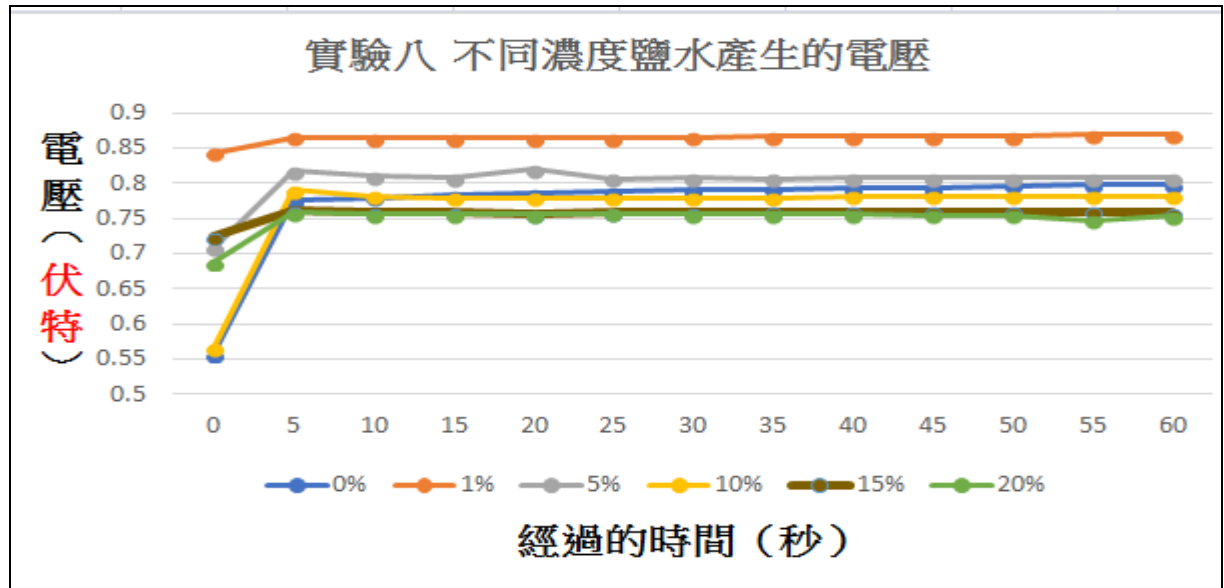
1.實驗流程：

- (1) 調配不同濃度的鹽水，分別是 1%、5%、10%、15%、20%，對照組 0%。
- (2) 以銅片為正極、鋅片為負極，兩電極間以 1 公分的小白積木固定間距。
- (3) 量測溶液溫度，並將鹽水 18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (4) 以鱷魚夾線連接三用電錶及兩電極，三用電錶調整至測量電壓的檔位。
- (5) 將兩電極放入鹽水溶液中，入水深度固定 2.3 公分。
- (6) 電極一放入鹽水溶液中便用馬錶開始計時。
- (7) 記錄三用電錶顯示的電壓，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (8) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。



圖十九 研究三實驗（八）實驗相關圖示

2.實驗結果：



圖二十 不同濃度鹽水產生的電壓折線圖

3.實驗發現：

- (1) 0%組及不同濃度的鹽水皆有產生電壓，電壓值皆介於 0.7~0.9V。
- (2) 在 1%濃度的鹽水中產生的電壓相對最高。
- (3) 在電極剛放入鹽水中產生的電壓相對較小，過幾秒後才漸趨穩定。

4.實驗結果推測：

- (1) 0%組及不同濃度的鹽水皆會產生電壓，而且產生的電壓值相近，推論產生的電壓與鹽水的濃度沒有太大的關係。
- (2) 依此方法檢測的電流及電壓皆不會隨著鹽水濃度而產生明顯的規律性變化，所以並不適合用來檢測鹽度。因此我們又需要再想想其他的研究方向。

四、研究四：探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響

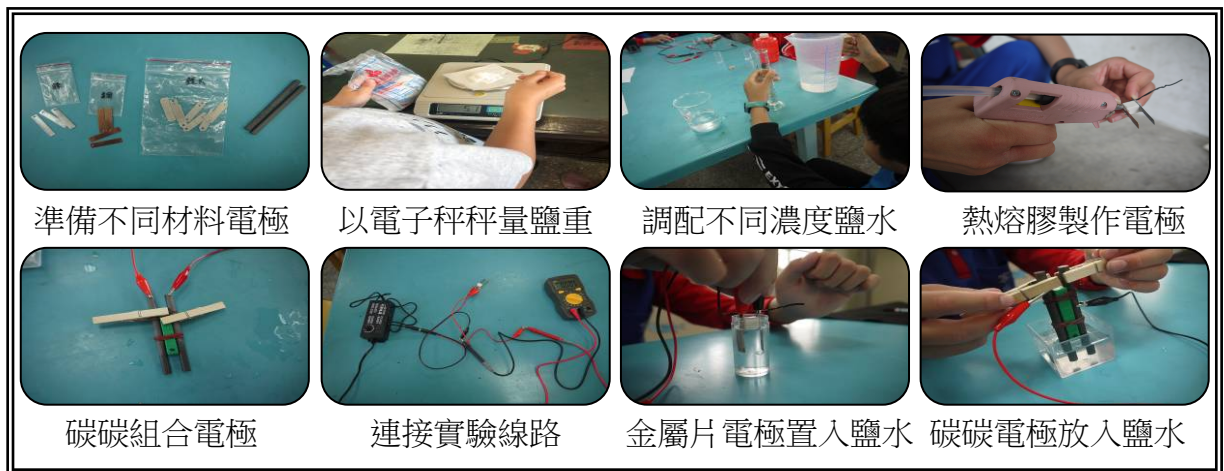
想法：鹽水具有導電性的特性與糖水不同，可是根據這一點設計出的研究三實驗並沒有得到我們想要的結果，所以我們想再設法改善實驗設計，後來我們想到的是五年級的自然課學到水溶液的導電性實驗中，有外加電池讓 LED 發光，因此我們想試試看以外加電壓的方式來進行實驗。而在實驗設計時，我們也討論到電極的材料、鹽的種類會不會有影響？這些變因我們也進行了實驗來探討。

(一) **實驗(九)** ▶ 比較不同材料的電極，不同的鹽水濃度對通電電流的影響

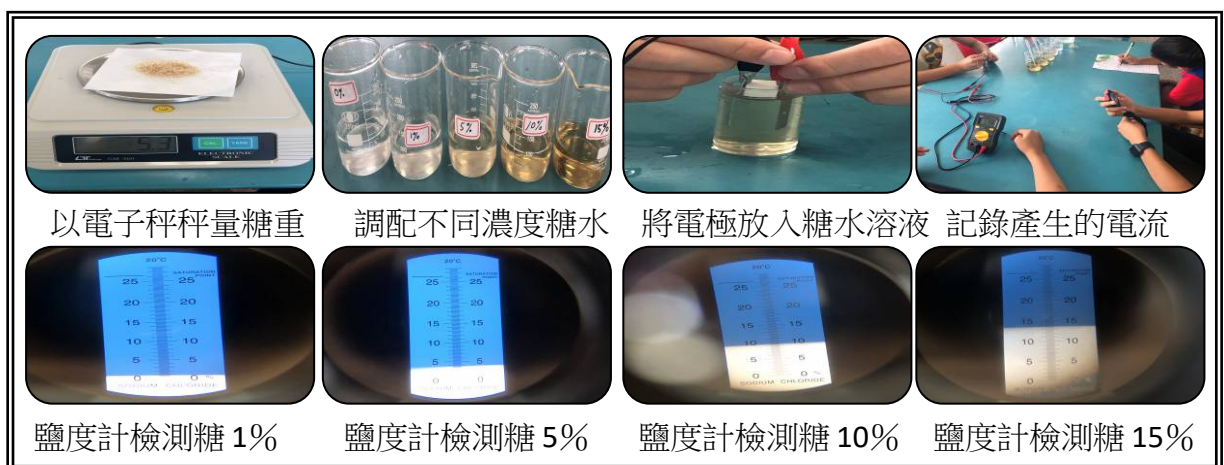
操作變因：不同材料的電極、不同的鹽濃度。

1. 實驗流程：

- (1) 調配不同濃度的鹽水，分別是 1%、5%、10%、15%、20%，對照組 0%。
- (2) 電極材料分成四組：鋅銅、鎂銅、碳銅、碳碳。
- (3) 量測溶液溫度，並將鹽水 18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (4) 以鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (5) 變壓器調整供電電壓為 3.5 V，將兩電極放入鹽水中，入水深度固定 2.3 公分。
- (6) 電極一放入水中便用碼錶開始計時。
- (7) 記錄三用電錶顯示的電流，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (8) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。
- (9) 另以不同濃度的糖水當對照組，分別是 0%、1%、5%、10%、15%、20%，並以市售鹽度計檢測。

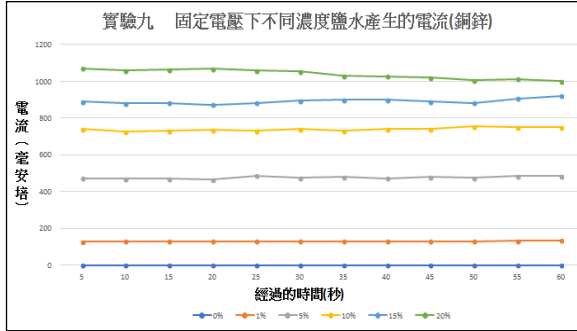


圖二十一 研究四實驗(九)圖示

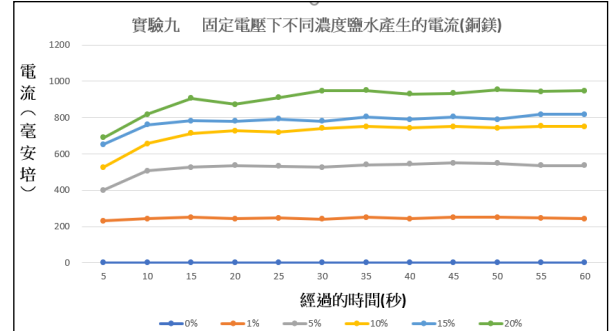


圖二十二 研究四實驗(九)對照組實驗圖示

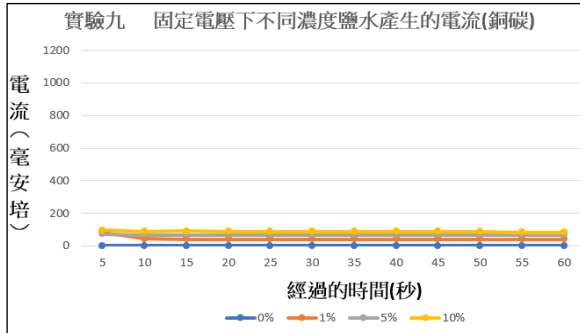
2. 實驗結果：



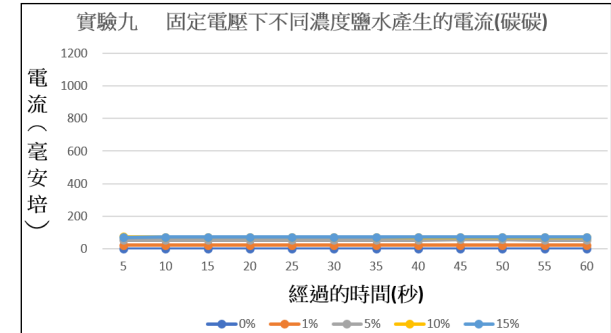
圖二十三 銅鋅組電極產生電流折線圖



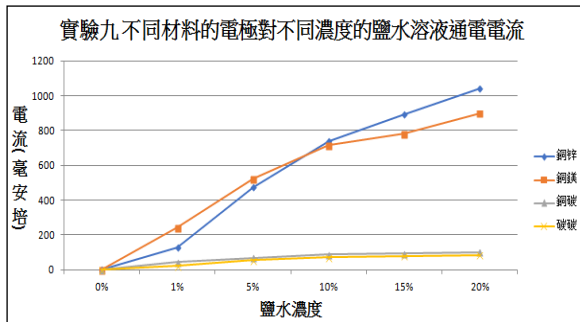
圖二十四 銅鎂組電極產生電流折線圖



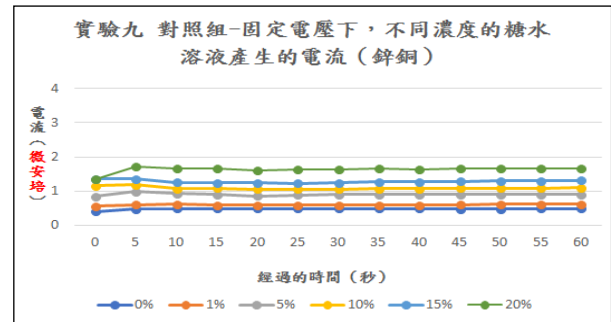
圖二十五 銅碳組電極產生電流折線圖



圖二十六 碳碳組電極產生電流折線圖

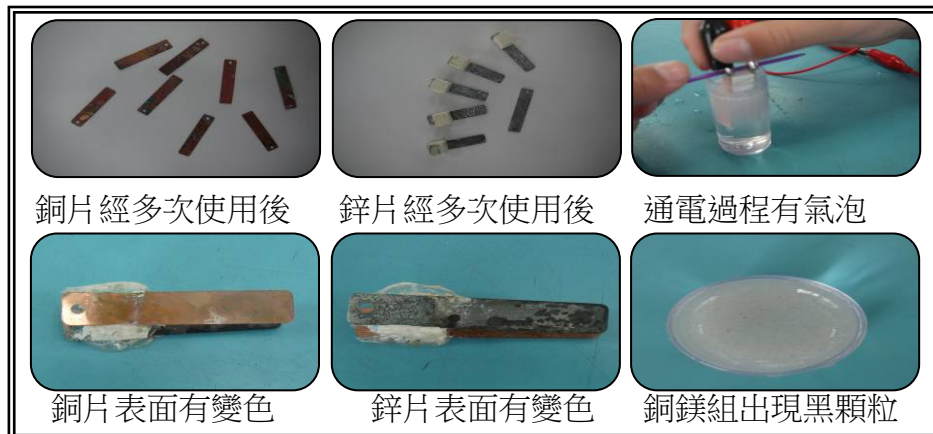


圖二十七 不同材料電極通電電流折線圖



圖二十八 不同濃度糖水通電電流折線圖

- (1) 以銅鋅、銅鎂當電極的兩組，產生的電流會隨著鹽的濃度而上升。
- (2) 以銅碳、碳碳當電極的兩組，產生的電流明顯較小，且不會隨著鹽的濃度上升。
- (3) 以糖為溶質的對照組，糖水溶液產生電流極小，但會隨著糖的濃度微幅上升。



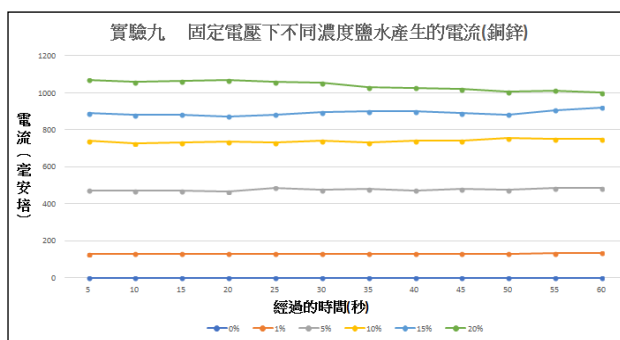
圖二十九 實驗九觀察到的現象相關圖示

3. 實驗發現：

- (1) 在網路上查詢到的元素活性表，鎂、碳的活性皆比鋅大，但實驗結果卻令人意外，以鎂當負極的效果其實跟鋅差不多，而碳當電極產生的電流卻非常小。
- (2) 銅鋅組實驗：銅片在泡進鹽水 5~10 秒時會有冒煙並產生氣泡；當鋅、銅片重複使用多次時會變色，並造成電流明顯變小，此時須替換新一組的鋅、銅片。
- (3) 銅鎂組實驗：鎂片在泡進鹽水 5~10 秒時會有冒煙並產生氣泡；實驗結束後，發現鹽水的最上層會漂浮一些黑色的細小條狀物。
- (4) 金屬片電極在操作實驗經過一定的時間後，金屬片會有明顯變色的情形，且使用到一定程度後會發生電流明顯變小的情形。
- (5) 對照組實驗：電極泡在糖水中不會有冒煙、產生氣泡的現象。以市售鹽度計檢測純糖水溶液，糖濃度 1% 時測得鹽度約為 0%，糖濃度 5% 時測得鹽度約為 3.9%，糖濃度 10% 時測得鹽度約為 9.2%，糖濃度 15% 時測得鹽度約為 13.8%。

4. 實驗結果推測：

- (1) 電流通過食鹽水溶液時，兩電極會產生化學反應，即電流的化學效應，或稱電解。如以銅片為正極，鋅片為負極時，化學式如下：正極： $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$ ，負極： $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$ ，因此我們會看到兩電極的金屬片在實驗後會產生變化，金屬電極使用到一定程度後產生的電流會變小。
- (2) 通電後觀察到冒煙及氣泡的現象，經上網查詢資料，電解稀食鹽水會產生氫氣和氧氣，濃食鹽水則是產生氫氣和氯氣，因與實驗目的無關，所以我們未進一步確認產生的氣體是什麼。
- (3) 上網查詢資料發現碳棒屬於惰性電極，活性小，不參加電解，僅幫助導電，因此推論這是碳棒電極產生通電電流明顯較小的原因。
- (4) 電極以銅鋅組及銅鎂組產生的電流較大，兩者效果差不多，以實驗觀測到的電流數值分析，**銅鋅組產生的電流範圍較大，較利於觀察，所以後續實驗以銅鋅組當電極。**
- (5) 市售的碳棒找不到與金屬片形狀相同的商品，在控制變因上並不理想，但我們推論實驗結果應該相差不多。
- (6) 糖水溶液產生的通電電流雖然極小，但有隨著糖濃度微幅上升的現象，推測糖之中存有雜質，隨著糖水濃度增加，所以雜質也增加，通電電流也會些微增加。
- (7) 以市售鹽度計測量純糖水得到的結果，當糖濃度 5% 時測得鹽度約為 3.9%，取實驗六的數據，當雙溶質溶液中鹽 10%、糖 5% 時，測出的鹽度約為 16%，而非 13.9%（鹽 10% 加上糖 5% 的 3.9%），我們發現兩者間並沒有可相加的特性。
- (8) 不同濃度的鹽水產生不同的通電電流，雖無成正比的規律性，但還是呈現出**正相關的結果**。我們認為以同樣的條件來檢測未知濃度的鹽水，以測得的電流來進行比對，應該可以推論鹽水的濃度範圍，我們依此想法以銅鋅組的實驗數據製成對照表，見下頁表五。那麼對於雙溶質水溶液是否一樣可行呢？後續將以實驗十一來進行探討。



圖二十三 銅鋅組電極產生電流折線圖

表五 通電電流鹽度對照表

| 鹽度 | 電流平均值 mA |
|-----|----------|
| 20% | 1039 |
| 15% | 892 |
| 10% | 740 |
| 5% | 477 |
| 1% | 130 |

(二) **實驗(十)** ▶ 比較不同種類的鹽，不同的鹽水濃度對通電電流的影響

想法：現代人重視健康，市面上販售的鹽類有很多種，不同的鹽類會不會對產生的通電電流產生影響？因此我們蒐集市售或家裡的不同鹽類來進行實驗比較。

操作變因：不同種類的鹽，以一般精鹽當對照組。

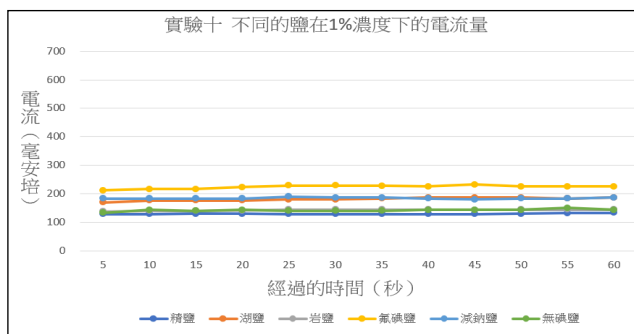
1. 實驗流程：

- (1) 蒐集不同種類的鹽：澳洲湖鹽、岩鹽（玫瑰鹽）、減鈉含碘鹽、無碘鹽、氟碘鹽。
- (2) 以不同的鹽類調配出 1%、5% 的鹽水溶液。
- (3) 量測溶液溫度，並將鹽水 18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (4) 以銅片、鋅片為正負電極，以鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (5) 變壓器調整供電電壓為 3.5 V，將兩電極放入溶液中，入水深度固定 2.3 公分。
- (6) 電極一放入鹽水溶液中便使用碼錶開始計時。
- (7) 記錄三用電錶顯示的電流，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (8) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。

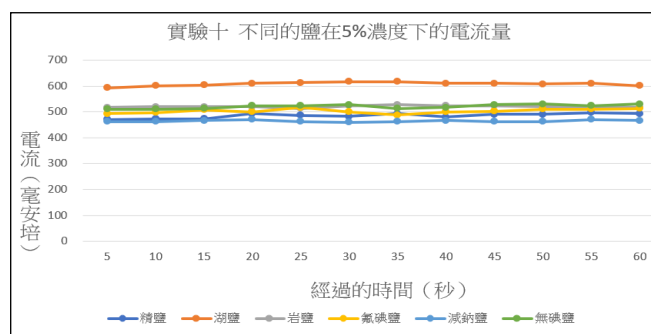


圖三十 實驗十不同的鹽類

2. 實驗結果：



圖三十一 不同鹽類 1% 的電流折線圖



圖三十二 不同鹽類 5% 的電流折線圖

3. 實驗發現：

- (1) 不同種類的鹽在固定電壓下，5%產生的電流皆大於1%時所產生的電流。
- (2) 在1%的濃度下，氟碘鹽產生的電流最大，但不同鹽類間的差異並不大。
- (3) 岩鹽（玫瑰鹽）不易攪拌溶解，且實驗後岩鹽水溶液上浮有一些粉紅色漂浮物。

4. 實驗結果推測：

- (1) 在固定電壓下，不同的鹽類所產生的通電電流差異不大且電流量都蠻穩定的，其中湖鹽在5%產生的電流比較高一些，我們推論可能是含有其他幫助導電的成分，如礦物質，但1%時又無此現象。
- (2) 岩鹽因為顆粒較大，因此較不易攪拌溶解；漂浮物則可能是含有其他的成分。
- (3) 有無加碘、氟並不影響產生的電流，推測是碘、氟不具有導電性或相對不高。
- (4) 依實驗結果，既然不同的鹽類所產生的通電電流差異並不明顯，因此對於之後想進行的湯品鹽度檢測並不用考慮湯品中添加的鹽類種類。我們後續還是選擇成本較低的一般精鹽進行實驗。

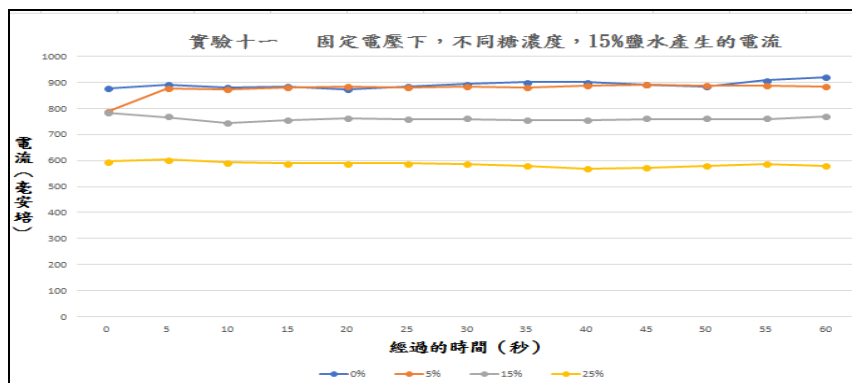
(三) 實驗(十一) ▶ 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度(15%)下，不同的糖水濃度對通電電流的影響

操作變因：雙溶質水溶液中，鹽的濃度固定15%，不同的糖濃度。

1. 實驗流程：

- (1) 以重量百分率濃度計算調配雙溶質水溶液：鹽濃度15%，糖濃度5%、15%、25%，對照組0%。
- (2) 量測溶液溫度，並將鹽水18.5cc倒入塑膠瓶中。
- (3) 以銅片、鋅片為正負電極，以鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (4) 變壓器調整供電電壓為3.5V，將兩電極放入溶液中，入水深度固定2.3公分。
- (5) 電極一放入鹽水溶液中便使用碼錶開始計時。
- (6) 記錄三用電錶顯示的電流，從0秒至60秒，每5秒記錄一次。
- (7) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。

2. 實驗結果：



圖三十三 固定電壓下，不同糖濃度，15%鹽水產生的電流折線圖

表六 固定電壓下，不同糖濃度，15%鹽水產生的電流紀錄表（每組實驗三次）

| 鹽濃度 | 糖濃度 | 電流(mA) | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 第 0 秒 | 第 5 秒 | 第 10 秒 | 第 15 秒 | 第 20 秒 | 第 25 秒 | 第 30 秒 | 第 35 秒 | 第 40 秒 | 第 45 秒 | 第 50 秒 | 第 55 秒 | 第 60 秒 |
| 15% | 0% | 890 | 880 | 880 | 880 | 870 | 880 | 890 | 890 | 890 | 890 | 880 | 880 | 880 |
| | | 890 | 900 | 900 | 890 | 890 | 890 | 890 | 900 | 890 | 860 | 860 | 910 | 920 |
| | | 850 | 890 | 860 | 880 | 860 | 880 | 900 | 910 | 920 | 920 | 910 | 930 | 960 |
| 15% | 5% | 950 | 930 | 920 | 920 | 920 | 920 | 930 | 930 | 930 | 940 | 940 | 940 | 940 |
| | | 860 | 880 | 870 | 860 | 880 | 870 | 870 | 870 | 880 | 880 | 870 | 870 | 880 |
| | | 550 | 820 | 830 | 860 | 850 | 850 | 850 | 840 | 850 | 850 | 850 | 850 | 830 |
| 15% | 15% | 780 | 780 | 770 | 780 | 790 | 780 | 780 | 770 | 770 | 770 | 760 | 770 | 780 |
| | | 790 | 760 | 710 | 740 | 750 | 740 | 750 | 750 | 740 | 760 | 760 | 760 | 770 |
| | | 780 | 760 | 750 | 740 | 750 | 750 | 750 | 740 | 750 | 750 | 760 | 750 | 760 |
| 15% | 25% | 610 | 610 | 600 | 600 | 600 | 600 | 570 | 580 | 580 | 560 | 590 | 590 | 580 |
| | | 590 | 610 | 620 | 610 | 610 | 620 | 620 | 590 | 580 | 610 | 610 | 610 | 600 |
| | | 590 | 590 | 560 | 560 | 560 | 550 | 570 | 570 | 550 | 550 | 540 | 560 | 560 |

3.實驗發現：

- (1) 糖的濃度越高，產生的電流越小，呈現負相關的情形。
- (2) 以實驗九的 15%純鹽水的實驗結果當對照組來比較，鹽 15%、糖 5%的雙溶質水溶液所產生的電流與純鹽水 15%所產生的電流差異不大。

4.實驗結果推測：

- (1) 觀察實驗結果，我們推論雙溶質水溶液的糖濃度在 5%時，對通電電流的影響並不明顯，但 10%、15%則會有明顯影響。所以我們認為**利用通電電流的方式來檢測雙溶質溶液的鹽度會有限制，就是另一溶質的濃度不能太高。**
- (2) 在實驗十一的設計中，糖的濃度是 5%、15%、25%，實驗結果發現在糖濃度 5%時對通電電流的影響並不明顯，那 5%~15%之間呢？對於這個問題及實驗十一的實驗結果，我們為求謹慎，所以再進行了實驗十一之一，並改以固定鹽的濃度為 5%，糖的濃度為 5%、10%、15%，來觀察實驗結果是否具一致性。

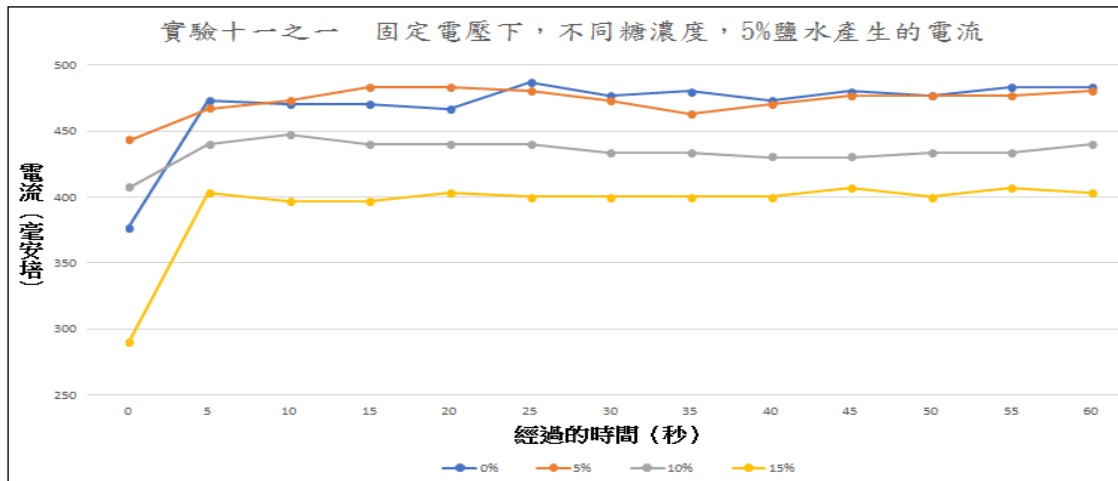
(四) **實驗(十一之一)**▶ 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度(5%)下，不同的糖水濃度對通電電流的影響

操作變因：雙溶質水溶液中，鹽的濃度固定 5%，不同的糖濃度。

1.實驗流程：

- (1) 以重量百分率濃度計算調配雙溶質溶液：固定鹽濃度 5%，糖濃度 5%、10%、15%，對照組 0%。
- (2) 量測溶液溫度，並將鹽水 18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (3) 以銅片、鋅片為正負電極，以鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (4) 變壓器調整供電電壓為 3.5 V，將兩電極放入溶液中，入水深度固定 2.3 公分。
- (5) 電極一放入鹽水溶液中便使用碼錶開始計時。
- (6) 記錄三用電錶顯示的電流，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (7) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。

2.實驗結果：



圖三十四 固定電壓下，不同糖濃度，5%鹽水產生的電流折線圖

表七 固定電壓下，不同糖濃度，5%鹽水產生的電流紀錄表（每組實驗三次）

| 鹽濃度 | 糖濃度 | 電流 (mA) | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 第 0 秒 | 第 5 秒 | 第 10 秒 | 第 15 秒 | 第 20 秒 | 第 25 秒 | 第 30 秒 | 第 35 秒 | 第 40 秒 | 第 45 秒 | 第 50 秒 | 第 55 秒 | 第 60 秒 |
| 5% | 0% | 300 | 450 | 470 | 480 | 470 | 500 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 490 | 490 |
| | | 450 | 480 | 460 | 460 | 460 | 480 | 480 | 480 | 470 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| | | 380 | 490 | 480 | 470 | 470 | 480 | 470 | 480 | 470 | 480 | 470 | 480 | 480 |
| 5% | 5% | 430 | 440 | 460 | 480 | 480 | 480 | 480 | 470 | 470 | 480 | 480 | 480 | 490 |
| | | 440 | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 470 | 470 | 470 | 470 | 470 | 470 | 470 |
| | | 460 | 470 | 470 | 480 | 480 | 470 | 470 | 450 | 470 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| 5% | 10% | 430 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 440 | 450 | 460 |
| | | 390 | 440 | 450 | 440 | 440 | 440 | 430 | 430 | 420 | 430 | 440 | 430 | 440 |
| | | 400 | 430 | 440 | 430 | 430 | 430 | 420 | 420 | 420 | 410 | 420 | 420 | 420 |
| 5% | 15% | 170 | 400 | 400 | 400 | 410 | 400 | 410 | 400 | 400 | 410 | 400 | 410 | 400 |
| | | 380 | 410 | 410 | 410 | 410 | 410 | 410 | 420 | 420 | 420 | 410 | 420 | 420 |
| | | 320 | 400 | 380 | 380 | 390 | 390 | 380 | 380 | 380 | 390 | 390 | 390 | 390 |

3.實驗發現：

- (1) 觀察糖濃度 5%、10%、15% 三組的實驗結果與實驗十一的結果相同：糖的濃度越高，產生的電流越小，呈現負相關的情形。
- (2) 比對實驗十一，相同的糖濃度下，鹽濃度 15% 所產生的電流皆高於鹽濃度 5% 所產生的電流。
- (3) 本實驗中，鹽 5%、糖 5% 這組產生的電流約等於純鹽水溶液 5% 所產生的電流。

4.實驗結果推測：

- (1) 對照組 5% 純鹽水溶液所產生的電流數據是取自於實驗九，而本實驗中糖 5% 時產生的電流約等於 5% 純鹽水溶液所產生的電流，這一結果與實驗十一的推論相符：**雙溶質水溶液中，當糖濃度在 5% 時，對通電電流並不會產生明顯的影響。**
- (2) 在雙溶質水溶液中，糖濃度 5% 時對通電電流並不會產生明顯的影響，糖濃度 10% 時則會產生明顯影響，因此我們想再設計實驗，找出對通電電流不會產生明顯影響的**臨界濃度**，於是我們進行了實驗十二。

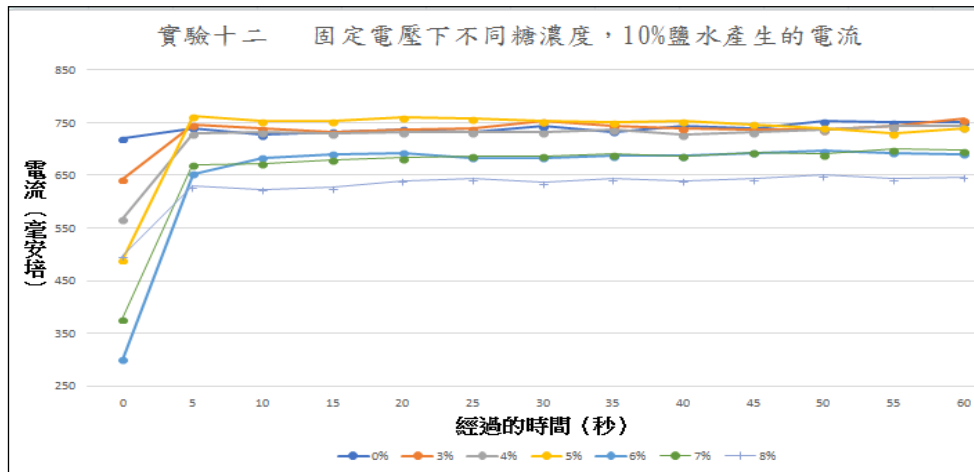
(五) **實驗(十二)** ▶ 雙溶質溶液中，固定鹽水濃度(10%)下，探討不影響通電電流的糖水濃度

操作變因：雙溶質水溶液中，鹽的濃度固定 10%，不同的糖濃度。

1. 實驗流程：

- (1) 以重量百分率濃度計算調配雙溶質溶液：鹽濃度 10%，糖濃度 3%、4%、5%、6%、7%、8%，對照組 0%。
- (2) 餘流程同實驗十一。

2. 實驗結果：



圖三十五 固定電壓下，不同糖濃度，10%鹽水產生的電流折線圖

表八 固定電壓下，不同糖濃度，10%鹽水產生的電流紀錄表（每組實驗三次）

| 鹽濃度 | 糖濃度 | 電流(mA) | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 第0秒 | 第5秒 | 第10秒 | 第15秒 | 第20秒 | 第25秒 | 第30秒 | 第35秒 | 第40秒 | 第45秒 | 第50秒 | 第55秒 | 第60秒 |
| 10% | 0% | 750 | 740 | 740 | 740 | 740 | 750 | 750 | 750 | 760 | 750 | 780 | 780 | 780 |
| | | 730 | 780 | 760 | 770 | 770 | 770 | 780 | 770 | 780 | 770 | 780 | 770 | 780 |
| | | 680 | 700 | 680 | 690 | 700 | 680 | 700 | 680 | 690 | 700 | 700 | 700 | 690 |
| 10% | 3% | 600 | 700 | 700 | 710 | 720 | 740 | 740 | 730 | 730 | 720 | 730 | 730 | 750 |
| | | 630 | 770 | 750 | 750 | 750 | 740 | 770 | 740 | 740 | 740 | 730 | 750 | 760 |
| | | 700 | 770 | 770 | 740 | 740 | 740 | 750 | 760 | 750 | 750 | 750 | 750 | 760 |
| 10% | 4% | 720 | 720 | 750 | 730 | 750 | 720 | 730 | 710 | 700 | 700 | 710 | 710 | 720 |
| | | 410 | 710 | 710 | 730 | 720 | 720 | 730 | 740 | 730 | 740 | 750 | 750 | 740 |
| | | 570 | 760 | 740 | 730 | 730 | 760 | 740 | 760 | 750 | 760 | 750 | 770 | 770 |
| 10% | 5% | 680 | 800 | 780 | 790 | 800 | 790 | 770 | 780 | 770 | 760 | 750 | 730 | 740 |
| | | 170 | 730 | 720 | 730 | 720 | 730 | 730 | 720 | 730 | 730 | 720 | 710 | 730 |
| | | 620 | 760 | 760 | 740 | 760 | 750 | 760 | 750 | 760 | 750 | 750 | 750 | 750 |
| 10% | 6% | 570 | 590 | 720 | 700 | 710 | 700 | 700 | 700 | 690 | 700 | 700 | 700 | 680 |
| | | 270 | 690 | 670 | 680 | 690 | 670 | 670 | 680 | 680 | 690 | 700 | 700 | 710 |
| | | 60 | 680 | 660 | 690 | 680 | 680 | 680 | 680 | 690 | 690 | 690 | 680 | 680 |
| 10% | 7% | 610 | 660 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 690 | 680 | 690 | 690 |
| | | 350 | 680 | 680 | 690 | 700 | 700 | 700 | 710 | 700 | 710 | 700 | 720 | 720 |
| | | 170 | 670 | 660 | 670 | 670 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 690 | 690 | 680 |
| 10% | 8% | 430 | 640 | 630 | 630 | 630 | 640 | 620 | 640 | 630 | 630 | 650 | 640 | 640 |
| | | 620 | 660 | 640 | 660 | 650 | 650 | 650 | 640 | 650 | 650 | 650 | 640 | 650 |
| | | 440 | 590 | 600 | 590 | 640 | 640 | 640 | 650 | 640 | 650 | 650 | 650 | 650 |

3.實驗發現：

- (1) 3~5%組產生的電流大致與 0%組相同，6%和 7%組幾乎相同，8%組最小。
- (2) 實驗過程中發現，當電極使用次數過多或鱷魚夾線明顯生鏽，皆會影響通電電流，所以實驗過程中要適時更換實驗器材以做好控制變因，取得較準確的數據。

4.實驗結果推測：

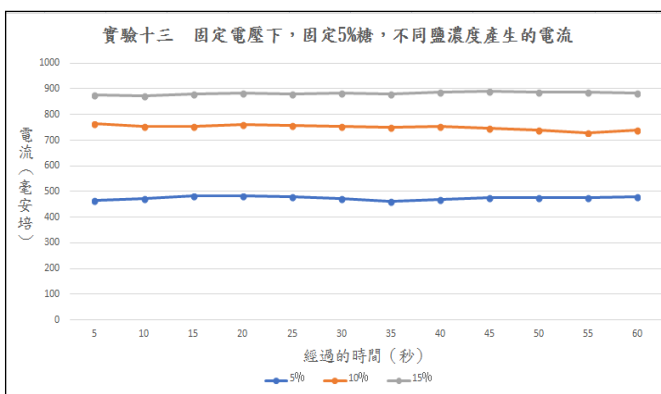
- (1) 本實驗是延續實驗十一、十一之一而來，我們已經知道雙溶質溶液中，糖 5%時對通電電流不會產生明顯影響，而糖 10%時則會產生明顯影響，透過本實驗確認雙溶質水溶液中對通電電流不會產生明顯影響的糖臨界濃度是 5%。

(六) **實驗(十三)** ▶ 雙溶質溶液中，固定的糖水濃度(5%)下，不同的鹽水濃度對通電電流的影響

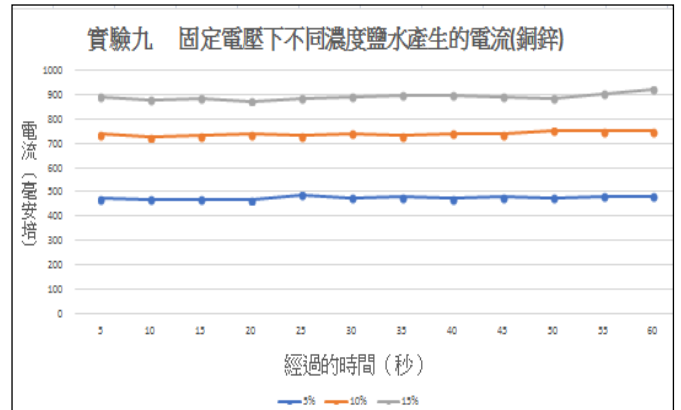
操作變因：雙溶質水溶液中，糖的濃度固定 5%，不同的鹽濃度。

- 1.實驗流程：整合實驗十一、實驗十一之一、實驗十二的實驗數據，可以得到雙溶質溶液中，固定的糖水濃度下(5%)，不同濃度的鹽水溶液(5%、10%、15%)對通電電流的影響。

2.實驗結果：



圖三十六 不同鹽濃度，糖 5%產生的電流折線圖



圖三十七 實驗九不同鹽濃度產生的電流折線圖

3.實驗發現：

- (1) 雙溶質溶液中，在固定糖濃度 5%之下，5%的鹽約產生電流 480 毫安培、10%的鹽約產生電流 750 毫安培、15%的鹽約產生電流 880 毫安培。
- (2) 電極剛放入溶液中的第 0 秒，會產生不穩定的瞬間電流，可能很大或很小，因此我們主要觀察第 5 秒到 60 秒所產生的電流。

4.實驗結果推測：

- (1) 雙溶質溶液中，在固定 5%的糖濃度下，鹽的濃度越高，產生的電流越大，這情形與實驗九結果相符：**鹽的濃度與產生的通電電流呈現正相關。**
- (2) 我們拿實驗九的實驗結果相比較，見圖三十六及圖三十七，實驗九是不同濃度的純鹽水產生通電電流的實驗，將兩圖相互對照下，我們可以觀察發現在**雙溶質溶液中，當糖的濃度只有 5%時，對通電電流並沒有產生明顯的影響。**

五、研究五：對市售火鍋湯底及黏滯性溶液的鹽度檢測

想法：考量一般湯品內可能有多種的佐料，但一般濃度不會高於 5%，因此我們想試試以通電電流來判斷市售湯品的鹽度，因此我們進行了實驗十四。生活中的湯品除清湯外，還有濃湯，對於黏滯性較高的溶液，我們也想試試以通電電流來檢測鹽度，因此我們以太白粉取代糖來調製雙溶質溶液，進行了實驗十五。

(一) 實驗(十四) 對市售火鍋湯底的鹽度檢測

操作變因：不同的火鍋湯底。

1. 實驗流程：

- (1) 準備火鍋湯底調味包，分別是藥燉排骨、鯉魚湯頭、香濃起士、麻辣湯頭、素食湯頭。
- (2) 依包裝上的調配水量建議（沖泡配方），按比例調配出各組火鍋湯底約 100cc。
- (3) 量測溶液溫度，並將市售火鍋湯底 18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (4) 以銅片、鋅片為正負電極，以鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (5) 變壓器調整供電電壓為 3.5 V，將兩電極放入溶液中，入水深度固定 2.3 公分。
- (6) 電極一放入鹽水溶液中便使用碼錶開始計時。
- (7) 記錄三用電錶顯示的電流，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (8) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。
- (9) 依檢測出的電流比對實驗九的表五，推測出湯底的鹽度。
- (10) 依包裝上的成分標示，由鈉重推出鹽重，並計算出依沖泡配方調配的湯底鹽度。
- (11) 以市售鹽度計檢測湯底鹽度，並進行比較。



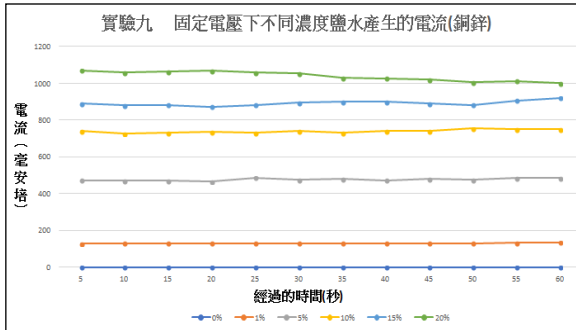
圖三十八 研究五實驗(十四)圖示

※ 由包裝袋上的營養標示標籤貼紙所標示的鈉重推出鹽重方式說明：
氯化鈉（化學式： NaCl ），是一種離子化合物。鈉離子和氯離子的原子質量分別為 22.99 和 35.45g/mol。也就是說 100g 的氯化鈉中含有 39.34 g 的鈉和 60.66 g 的氯。（節錄自維基百科-氯化鈉）

依此比例去推算高湯粉中含有鹽的重量，例如成分表中如顯示每 100 公克高湯粉含有 40mg 的鈉，我們就可以推算出每 100 公克的高湯粉含有約 100mg 的鹽。

※通電電流鹽度對照表：根據實驗九的實驗數據，採平均值製成對照表如下(同表五)。

表五 通電電流鹽度對照表



| 鹽度 | 電流平均值 mA |
|-----|----------|
| 20% | 1039 |
| 15% | 892 |
| 10% | 740 |
| 5% | 477 |
| 1% | 130 |



以藥燉排骨湯底為例

由包裝袋上的營養標示及沖泡配方推算鹽度：

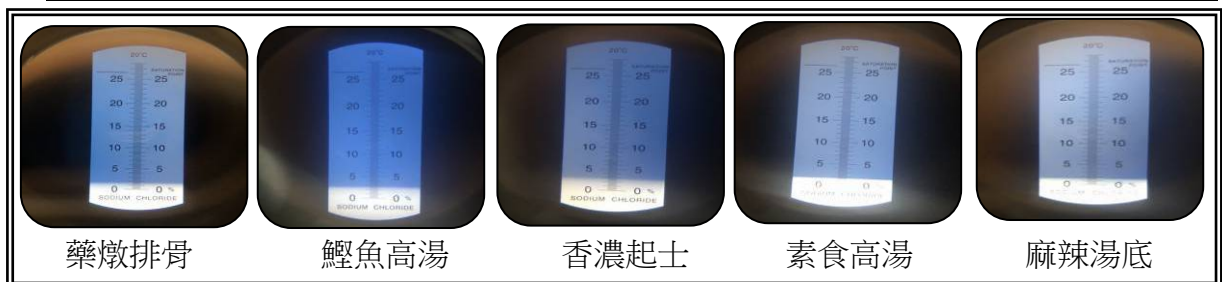
1. 每 100g，含鈉重 6709mg→推算出約含鹽 16772.5mg。
2. 藥燉排骨每份實際重量 55g→依上式的比例推算出約含鹽 9224.875mg。
3. 我們加水 1500ml 沖泡，藥燉排骨湯底的鹽濃度約等於 $9.224875g/1500g+55g=0.59\%$

圖三十九 藥燉排骨湯底包裝說明

2. 實驗結果：

表九 各種湯底經通電電流檢測結果

| 湯底種類 | 營養標示鈉含量 每 100 公克 | 計算沖泡配方的 鹽濃度 | 通電電流檢測 平均值 mA | 比對表五 推估鹽度 |
|------|---------------------|----------------|------------------|--------------|
| 藥燉排骨 | 6.7 公克 | 0.59% | 108 | <1% |
| 鯉魚高湯 | 13 公克 | 0.9% | 139 | 約 1% |
| 香濃起士 | 4.9 公克 | 0.34% | 89 | <1% |
| 素食高湯 | 20 毫克 | <0.001% | 100 | <1% |
| 麻辣湯底 | 10.32 公克 | 0.39% | 81 | <1% |



圖四十 五種湯底以鹽度計檢測結果

表十 以不同方式檢測五種湯底鹽度結果比較表

| 湯底種類 方式 | 藥燉排骨 | 鯉魚高湯 | 香濃起士 | 素食高湯 | 麻辣湯底 |
|-------------|-------|------|-------|---------|-------|
| 以營養標示推算鹽度 | 0.59% | 0.9% | 0.34% | <0.001% | 0.39% |
| 以通電電流比對推估鹽度 | <1% | 約1% | <1% | <1% | <1% |
| 以市售鹽度計檢測鹽度 | 1.5% | 2.6% | 3% | 1.8% | 1.5% |

3.實驗發現：

- (1) 五種湯底皆是粉狀，依照包裝袋上的營養標示內容推算，依使用說明的加水比例（沖泡配方）加水沖泡後的湯底鹽度皆小於1%，其中素食高湯的鹽度極小。
- (2) 將通電電流檢測結果比對表五，鯉魚高湯的鹽度約1%；藥燉排骨、香濃起士、麻辣湯底、素食高湯皆明顯小於1%。
- (3) 以市售鹽度計檢測結果，每種湯底鹽度皆大於1.5%，其中以香濃起士最高3%。

4.實驗結果推測：

- (1) 表九中經比對結果，除素食高湯不符合外，其餘四種湯底的鹽度，以通電電流檢測結果進行比對出的鹽度皆符合由營養標示推算出的鹽度。
- (2) 市售鹽度計的檢測結果都偏高，見表十，參考實驗六的結果，推論檢測出來的鹽度會受到其他溶質濃度的影響。
- (3) 建立的對照表中鹽度值太高，見表五，一般湯品的鹽度不會這麼高，對照表的鹽度可以再調整，如1%以下再細分成0.75%、0.5%、0.25%等更小的範圍，但實驗操作的準確性要求要很高。
- (4) 素食高湯的標示鹽度極低，檢測出的平均電流卻有100mA，可能是包裝標示有誤或不實，也可能是受到其他溶質的影響。
- (5) 以通電電流來檢測鹽度的方法，雖然無法很精確的告訴我們湯品的實際鹽度，但可以透過對照表，讓我們知道湯品鹽度的範圍，此方法雖然不夠理想，但還是具有參考價值。

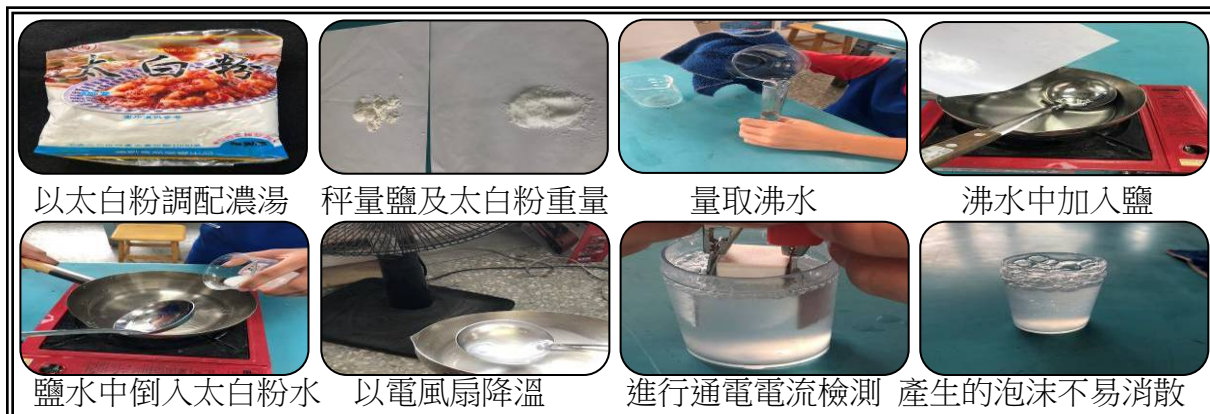
(二) **實驗(十五)** 對黏滯性溶液的鹽度檢測

操作變因：雙溶質水溶液，鹽的濃度固定5%，不同的太白粉濃度。

1.實驗流程：

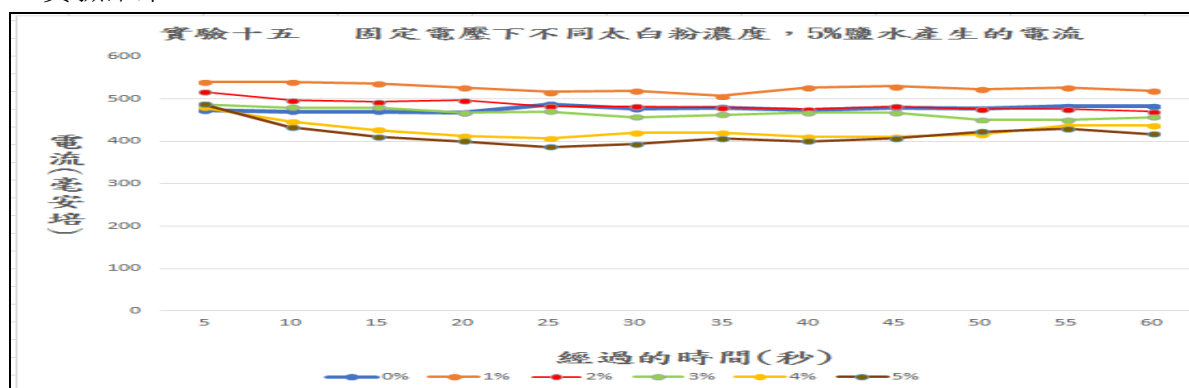
- (1) 以重量百分率濃度計算調配雙溶質溶液：固定鹽濃度5%，太白粉濃度1%、2%、3%、4%、5%，對照組0%。
- (2) 先調配出太白粉水，再倒入已溶解鹽的沸水中，完成勾芡。
- (3) 以電風扇讓溶液溫度降到室溫，記錄溫度後，將勾芡鹽水18.5cc 倒入塑膠瓶中。
- (4) 以銅片、鋅片為正負電極，以鱷魚夾線連接三用電錶、可調式變壓器及兩電極，三用電錶調整至測量電流的檔位。
- (5) 變壓器調整供電電壓為3.5 V，將兩電極放入勾芡鹽水溶液中2.3公分。

- (6) 電極一放入勾芡鹽水溶液中便使用碼錶開始計時。
- (7) 記錄三用電錶顯示的電流，從 0 秒至 60 秒，每 5 秒記錄一次。
- (8) 重複進行檢測三次取平均值，並依上述流程完成各組的實驗。



圖四十一 研究五實驗（十五）圖示

2. 實驗結果：



圖四十二 固定電壓下，不同太白粉濃度，5%鹽產生的電流折線圖

3. 實驗發現：

- (1) 太白粉必須經過煮沸的過程，才能完成勾芡，調配出濃湯。
- (2) 鹽與太白粉的雙溶質溶液中，太白粉的濃度越高，溶液的黏滯性越高，太白粉濃度 5% 時已非常濃稠，形成塊狀。
- (3) 以通電電流檢測，會產生較大的泡泡，且不易消散；太白粉的濃度越高，產生的電流有越小的趨勢。

4. 實驗結果推測：

- (1) 雙溶質溶液中，當太白粉濃度為 2%、3% 時，產生的通電電流與 5% 純鹽水產生的通電電流沒有明顯差異，4%、5% 時，產生的通電電流有明顯變小；因此我們認為溶液的黏滯性會影響通電電流，黏滯性高會使電流變小。
- (2) 依實驗十二，雙溶質溶液對通電電流沒有明顯影響的糖濃度是 5%；但第二溶質改用太白粉時，溶液會產生黏滯性，不會明顯影響通電電流的太白粉濃度是 3%。
- (3) 當太白粉濃度為 1%，產生的通電電流比純鹽水稍大一些，推測是調製溶液的過程中，為了完成勾芡調出濃湯，煮沸的過程使得水蒸發了，因此溶液的實際鹽度會高於 1%，而產生的電流會比 1% 的純鹽水來得大一些。

陸、討論與建議

- 一、針對純鹽水的鹽度檢測，可以採用自製比重計、光折射率、檢測通電電流等方法，透過比對數據來推測鹽度，但比重計的刻度和對照表的建立都有其限制性，如要求到很精準的數字，需要高的實驗品質及花費更多的時間反覆進行實驗來取得數據，以建立對照表。
- 二、實驗過程中各項變因的控制要很仔細，每次實驗後我們都會將重複使用的實驗器材用純水沖洗，電極金屬片如使用後色澤有明顯變化、鱷魚夾線如有明顯生鏽時皆須做更換，以避免影響實驗數據。
- 三、自製比重計的原理是浮力原理，選取吸管的粗細及添加黏土的重量，都會影響到比重計沉入溶液中的深度。粗的吸管或較輕的重量，沉入深度淺，刻度間距小；細的吸管或較重的重量，沉入深度深，刻度間距大，相對的需要較深長的量筒當實驗工具。
- 四、以光的折射率來檢測鹽度，運用的原理是光在不同的介質中有不同的行進速度，在實驗操作上建議使用能量較高的雷射光筆，會較容易觀察，但危險性提高；光線越細則角度的判讀會較精準；光線開啟後毋須一直按壓的雷射光筆可以避免操作晃動造成的誤差。
- 五、研究三中，以鋅片、銅片為電極進行的導電性實驗，就是簡易電池的原理：利用活性不同的兩種金屬，透過電解質連接成通路後，即可造成電位差，而產生電流的裝置。然而這樣的裝置形成的電流非常小且沒有規律性、產生的電壓差異性也不大，因此此種方法不適用於鹽度檢測。
- 六、在研究四的裝置中，實驗會產生電解反應，網路資料查到電解稀食鹽水會產生氧氣、氫氣，電解濃食鹽水會產生氯氣、氫氣。我們在實驗過程中觀察到有冒煙、氣泡等現象，但並未進一步探討產生何種氣體；而在金屬電極的部分，金屬片會產生變色的現象，則可能是金屬電極參與電解反應後的結果。
- 七、運用自製比重計及光折射率皆無法檢測雙溶質溶液的鹽度，而檢測通電電流也只能適用於另一溶質的濃度在 5% 以下的情形，而具有黏滯性的溶液則是 3%，雖然研究成果有改善空間，並非相當理想，但對於一般的湯底檢測上還是能有相當的參考價值。
- 八、我們以通電電流來檢測鹽的濃度是利用氯化鈉溶液會解離導電的特性，但如果湯品中有添加其他也會導電的物質，如酸、鹼、其他鹽類等則可能會影響檢測結果。

- 九、在檢測鹽度的方法上，網路上有搜尋到一些運用專業的儀器或高階的原理來操作的方法，如原子吸收光譜法（AAS）、離子交換技術（IC）、電感耦合電漿體質譜法（ICP-MS）等，對於一般生活上的使用並不實際，對國小階段而言也過於困難。
- 十、在查詢的網路資料中，我們並沒有發現針對雙溶質溶液鹽度檢測方法的研究，即便是市售的鹽度計，檢測結果也不一定精確，後續建議除了再研究更精確的方法或工具之外，也可以更進一步探討多溶質溶液的鹽度檢測方法。
- 十一、我們都知道攝取過多的鈉有礙健康，對外食族而言，如何知道湯品甚至食物中所含的鹽分，是值得探討的問題。後續還可以再研究是否有更方便、有效的工具或方法。

柒、結論

一、鹽水濃度對自製比重計沉水深度的影響：

- (一) 鹽水濃度與自製比重計的沉水深度成反比關係，濃度越高，比重計的沉水深度越淺。自製比重計可以用來檢測純鹽水的鹽度。
- (二) 雙溶質溶液中，鹽的濃度固定時，糖的濃度越高，對自製比重計的沉水深度產生的影響越大。自製比重計不適用於雙溶質溶液的鹽度檢測。
- (三) 雙溶質溶液中，糖的濃度固定為 1% 時，鹽的濃度越高，糖對自製比重計的沉水深度的影響越不明顯。

二、鹽水濃度對光折射率的影響：

- (一) 鹽水濃度愈高，光的折射角越小，兩者成反比關係。光折射率可以運用來檢測純鹽水的鹽度。
- (二) 雙溶質溶液中，鹽的濃度固定時，糖的濃度越高，光的折射角會越小。光折射率不適用於雙溶質溶液的鹽度檢測。
- (三) 運用光折射率原理的市售鹽度計對雙溶質溶液的鹽度檢測會受到糖濃度的影響，無法正確檢測出鹽度。

三、鹽水濃度對導電性的影響：

- (一) 運用簡易電池原理，以銅片、鋅片為電極產生的電流很小，且不會隨著鹽的濃度而產生正相關或負相關等規律性變化。簡易電池原理不適用於鹽水的鹽度檢測。

(二) 運用簡易電池原理，以銅片、鋅片為電極產生的電壓不會隨著鹽的濃度而有規律性的變化。

四、鹽水濃度對通電電流的影響：

(一) 以銅鋅、銅鎂為電極，鹽水濃度越大產生的通電電流越大，兩者成正相關。以銅碳、碳碳為電極，產生的通電電流很小，且不會隨著鹽的濃度上升而變大。

(二) 以不同種類的鹽調配出相同濃度的鹽水水溶液所產生的通電電流並沒有太大差異。

(三) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，糖的濃度越高，產生的電流越小。

(四) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，對通電電流不會產生明顯影響的糖濃度是 5%。

(五) 雙溶質溶液中，固定糖的濃度 5%時，鹽的濃度越高，產生的電流越大。糖的濃度 5%時，以固定電壓產生的通電電流和純鹽水產生的通電電流差不多，因此對於雙溶質溶液，當另一溶質的濃度不大於 5%的情形下，是可以使用檢測通電電流的方式來檢測鹽度。

五、對市售火鍋湯底及黏滯性溶液的鹽度檢測：

(一) 火鍋湯底的鹽度檢測，五種湯底中有四種檢測結果符合由營養標示推算出的鹽度。不符合的湯底推測是營養標示有誤或是受到其他溶質的影響。

(二) 以鹽及太白粉調配的雙溶質溶液，具有黏滯性，對通電電流不會產生明顯影響的太白粉濃度為 3%，水溶液的黏滯性越高，產生的通電電流越小。

捌、參考資料及其他

一、國小自然與生活科技第二冊第二單元百變的水(2015)。新北市：康軒，24-43。

二、國小自然與生活科技第三冊第三單元奇妙的光（2016）。新北市：康軒，52-71。

三、國小自然與生活科技第四冊第四單元奇妙的電路（2017）。新北市：康軒，70-90。

四、國小自然與生活科技第五冊第三單元水溶液（2017）。新北市：康軒，48-67。

五、中華民國第 51 屆中小學科學展覽會國小物理組-來電了沒？尋找準確快速的導電檢測筆。

六、維基百科（2021 年 3 月 21 日）。氯化鈉。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/氯化鈉>

七、維基百科（2021 年 3 月 28 日）。鋅銅電池。取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/鋅銅電池>

【評語】 080212

對於鹽水濃度的探測，本工作用了許多方法去研究，從比重計、光折射、導電性，很多實驗都屬於物理現象，宜根據實驗內容選擇合適的科別。研究內容豐富，但在雙溶質、多溶質研究稍嫌混亂，也未把各種變因定位清楚，是可以再加強的地方。可多考慮應用如取天然海水，或海水淡化後的廢液作比較。

建議：

1. 器材應標明規格型號。
2. 自製比重計的動機為何?應說明。
3. 自製量測器材，很好。但應經過認證。
4. 單純鹽溶液測鹽濃度沒問題，這不特殊。但，有其他成分(糖)共存下測鹽濃度則有問題，並沒能突破。
5. 參考資料如取自網站，有標明上網日期。很好。
6. 除網站資料，應作文獻探討。

作品簡報

察鹽觀測-探討溶液中的鹽度檢測

科別：化學

組別：國小組

研究動機

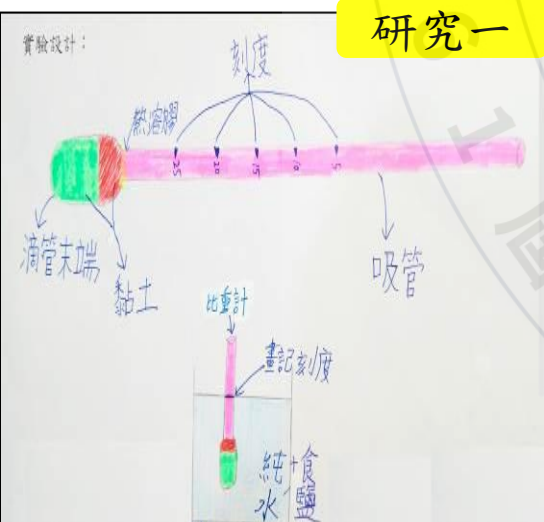
外食族要如何檢測湯品中的鹽度？

怎麼得知溶液中溶質的濃度？

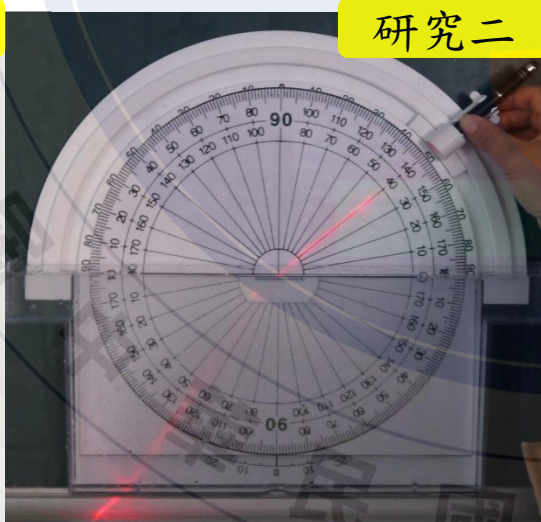
沒有人針對雙溶質溶液的鹽度檢測進行過研究

研究方法

研究一



研究二



研究三



研究四



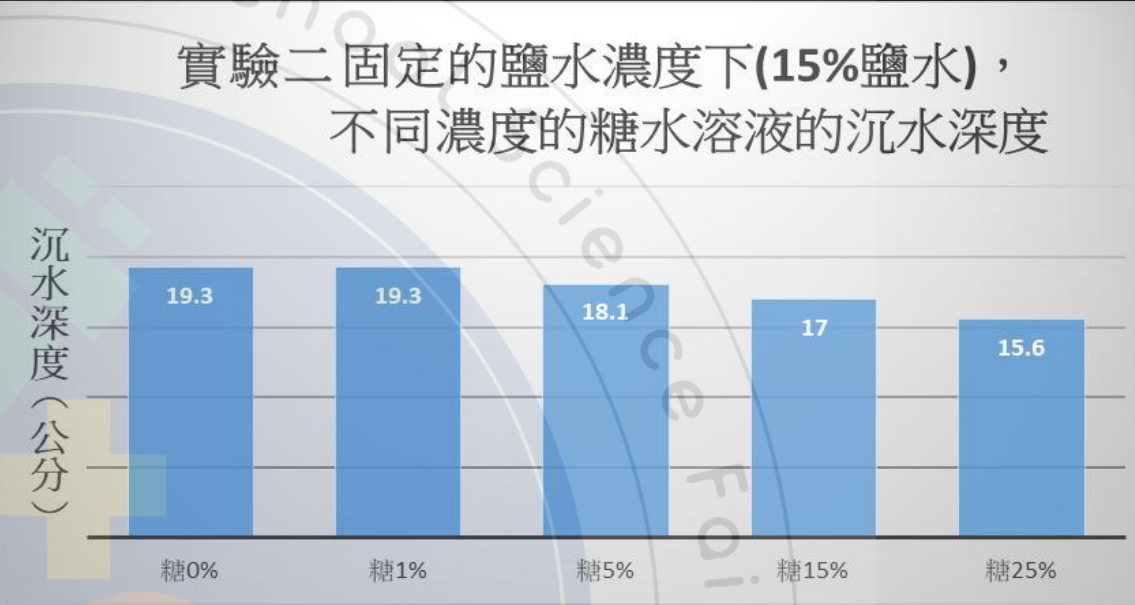
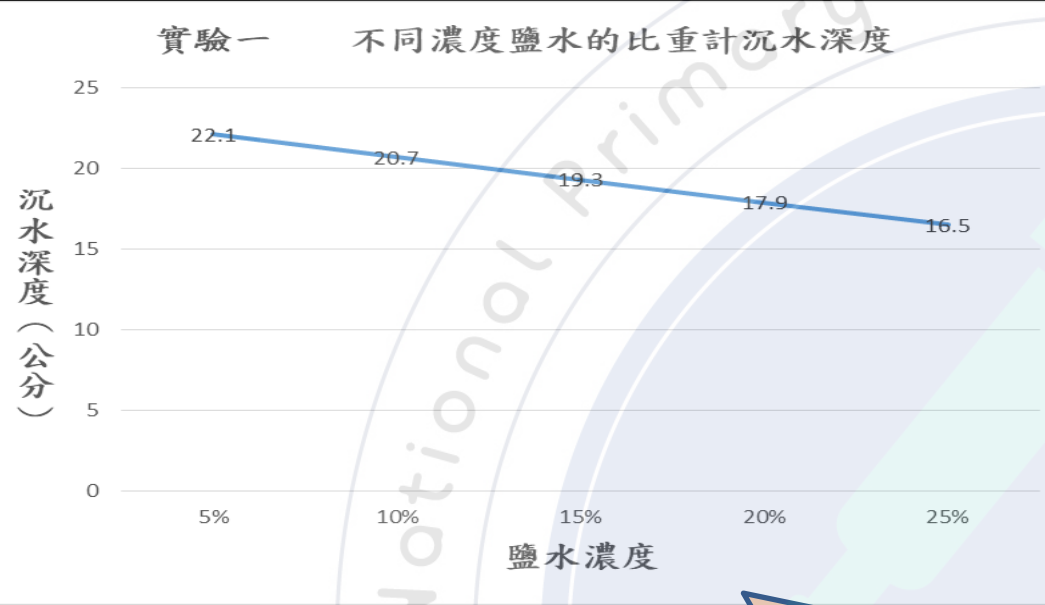
自製比重計

光折射率

導電性

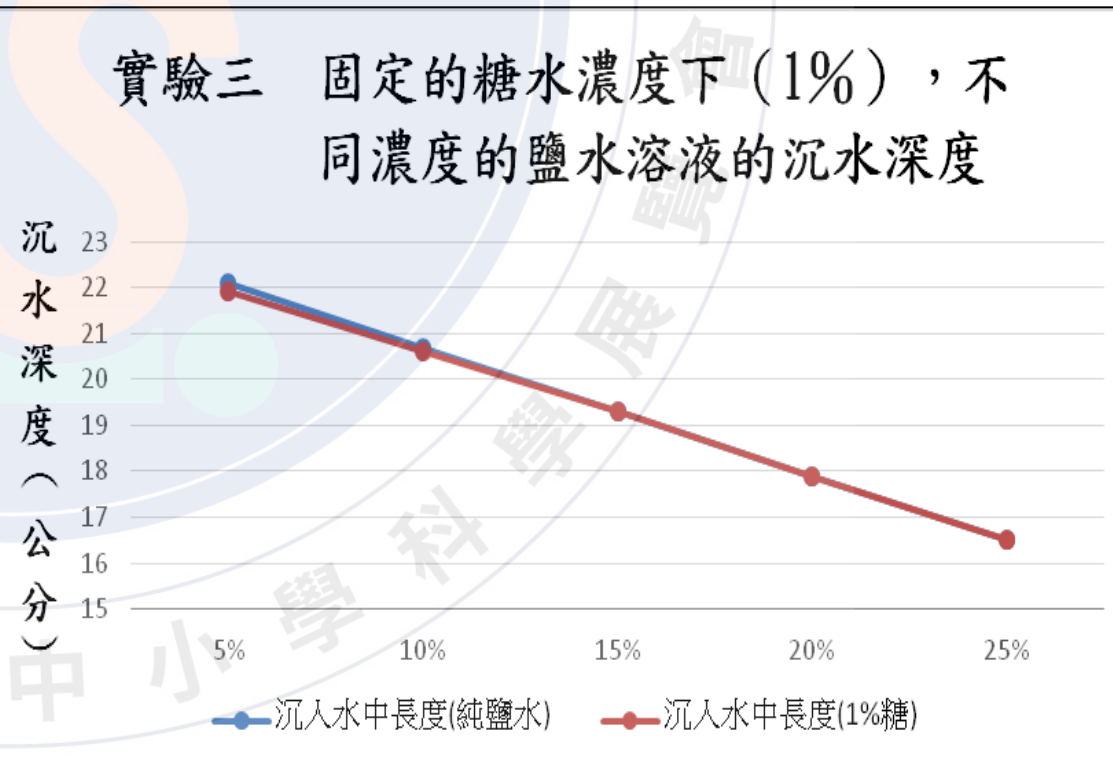
通電電流

研究一、探討鹽水濃度對自製比重計沉水深度的影響

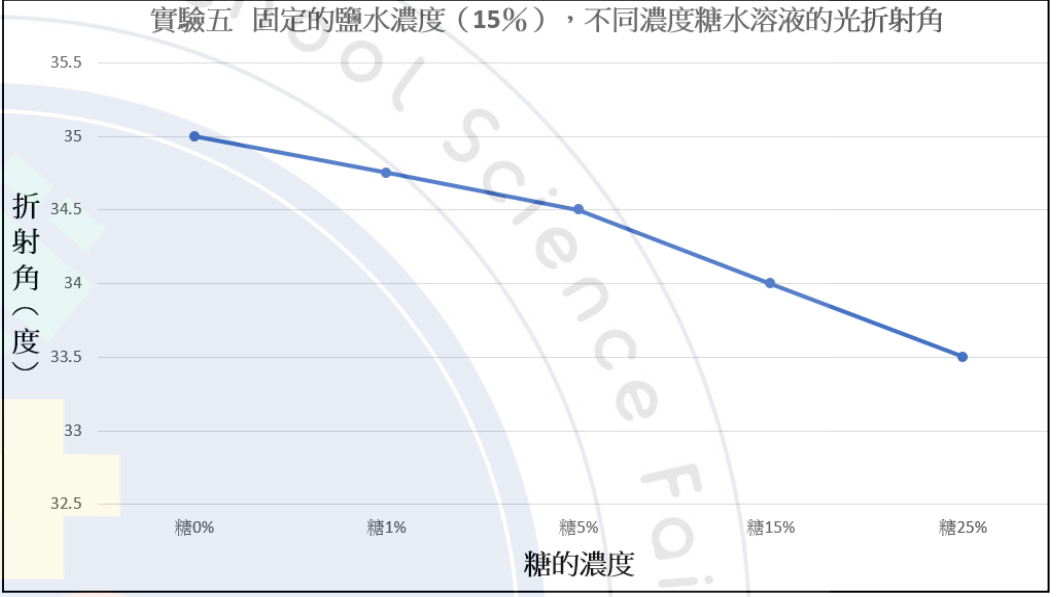
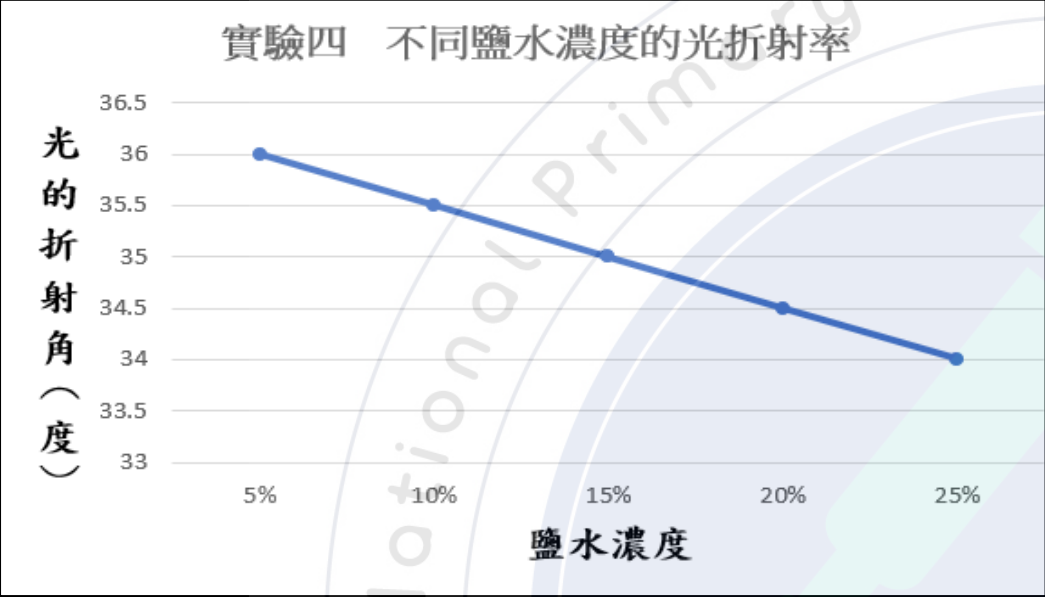


鹽水濃度及沉水深度間呈現反比關係。純鹽水檢測適用

由實驗二、三中發現，在雙溶質溶液中，除非糖的濃度小且鹽的濃度比糖的濃度大很多，否則利用自製比重計來測量鹽度將會產生偏差。

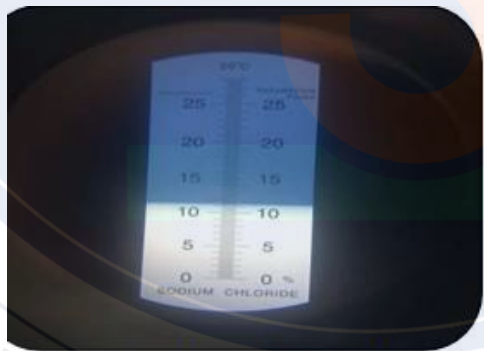
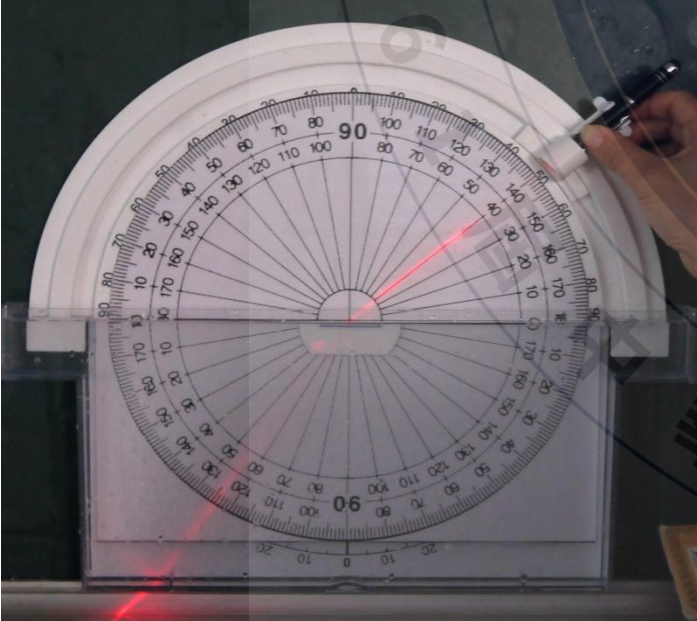


研究二：探討鹽水濃度對光折射率的影響

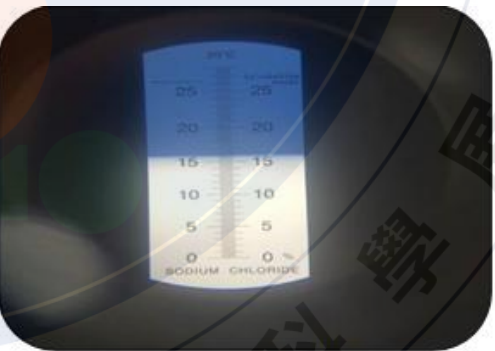


鹽水濃度和光的折射角度呈現反比關係
純鹽水檢測適用。

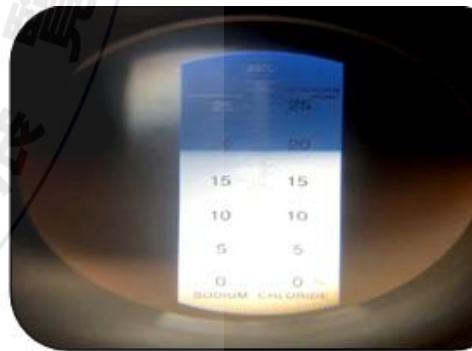
雙溶質溶液中糖的濃度越高，折射角會越小



10%鹽水、1%糖水



10%鹽水、5%糖水

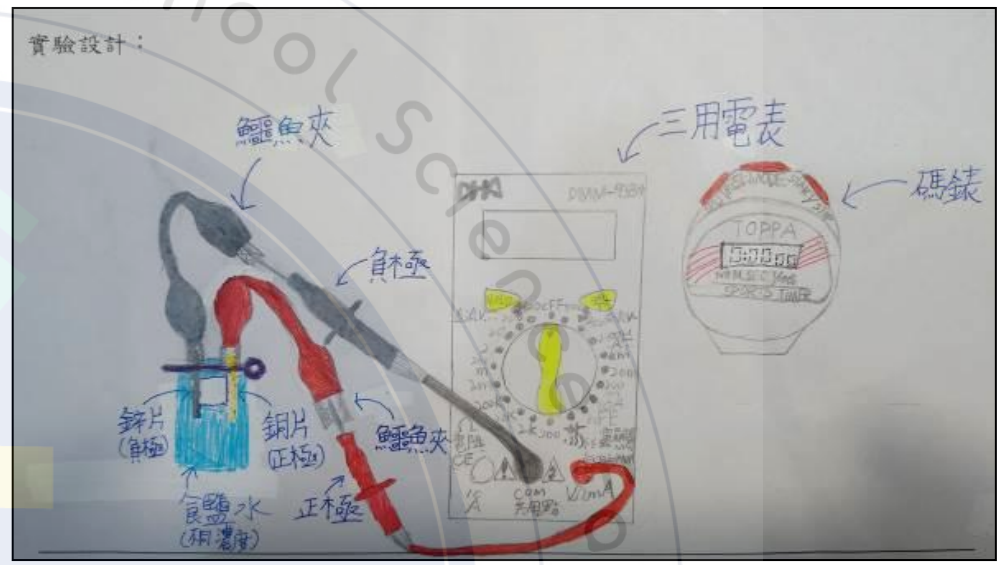
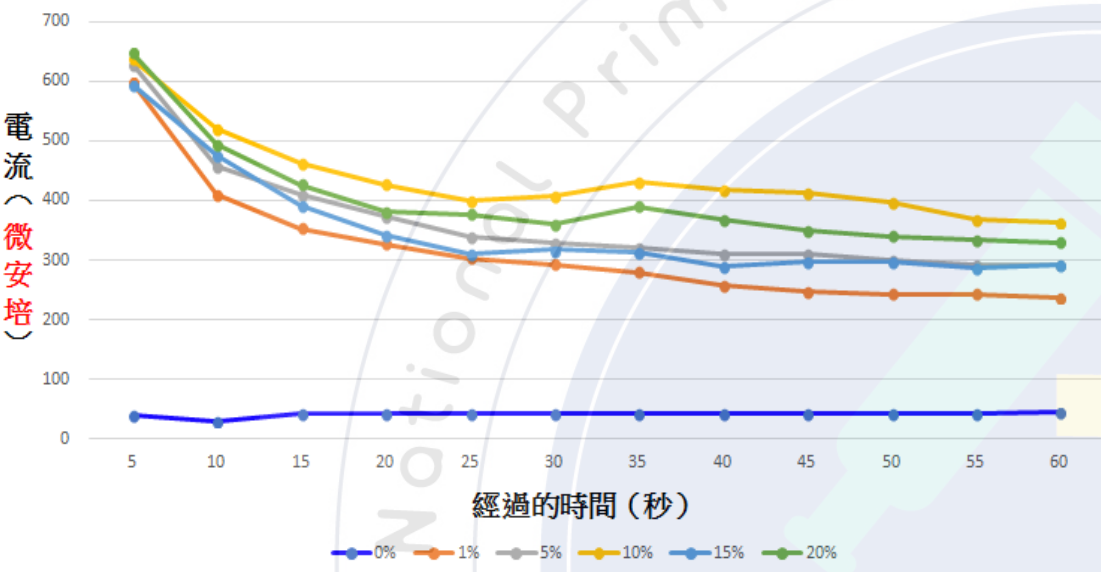


10%鹽水、10%糖水

市售鹽度計只能針對純鹽水進行鹽度檢測，
如果是雙溶質水溶液則會失準。

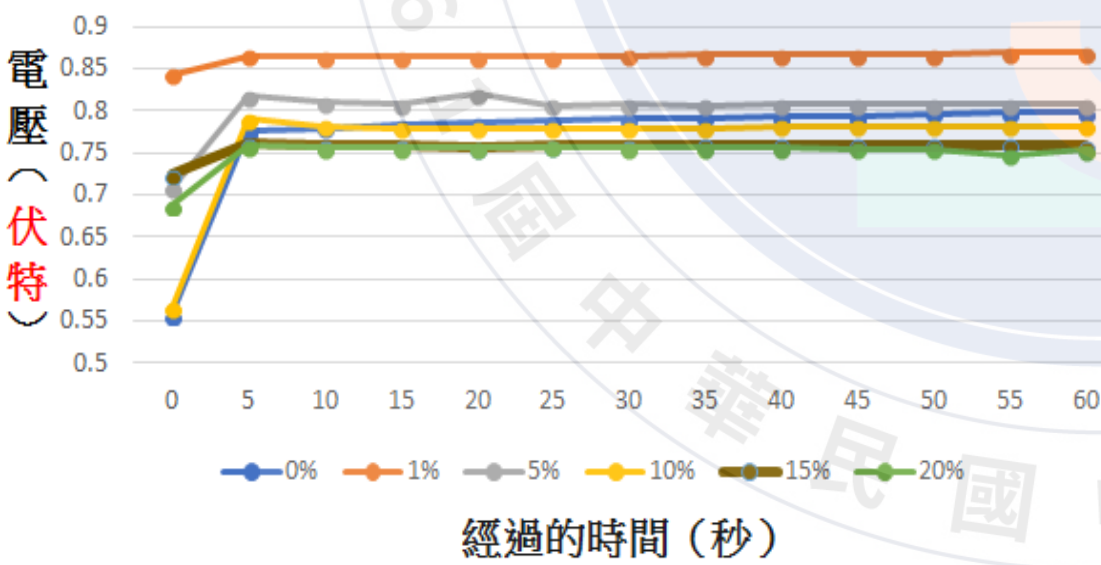
研究三：探討不同的鹽水濃度對導電性的影響

實驗七 不同濃度鹽水產生的電流



產生的電流很小，且不會隨著鹽水濃度而產生正相關或負相關的變化

實驗八 不同濃度鹽水產生的電壓

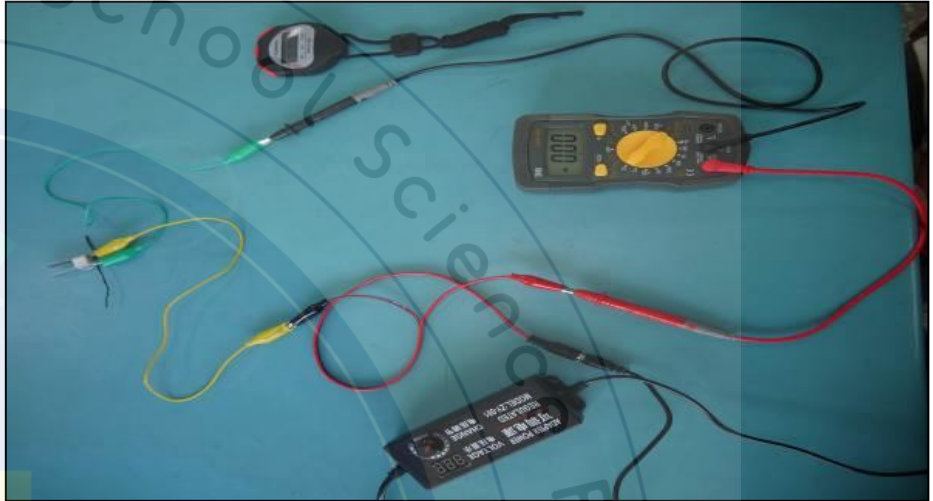
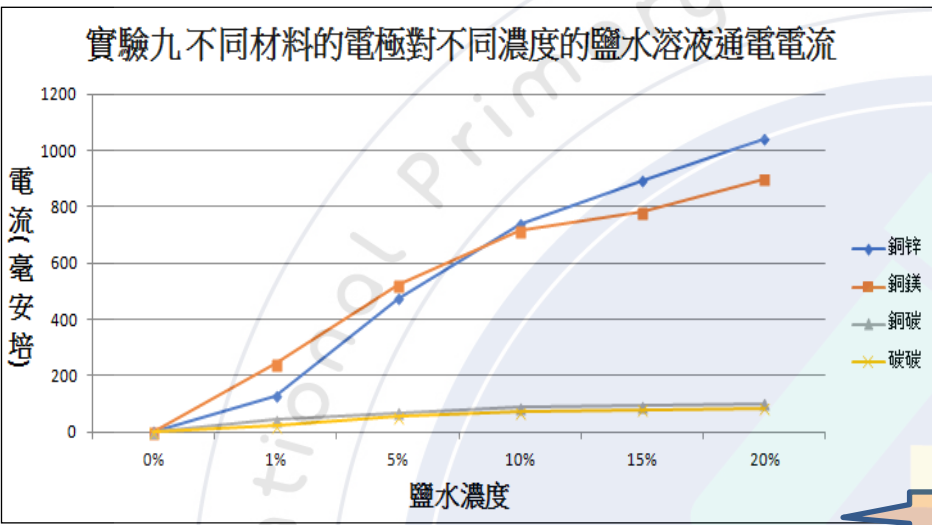


不同濃度的鹽水皆會產生電壓，而且產生的電壓值相近，推論產生的電壓與鹽水的濃度沒有太大的關係。

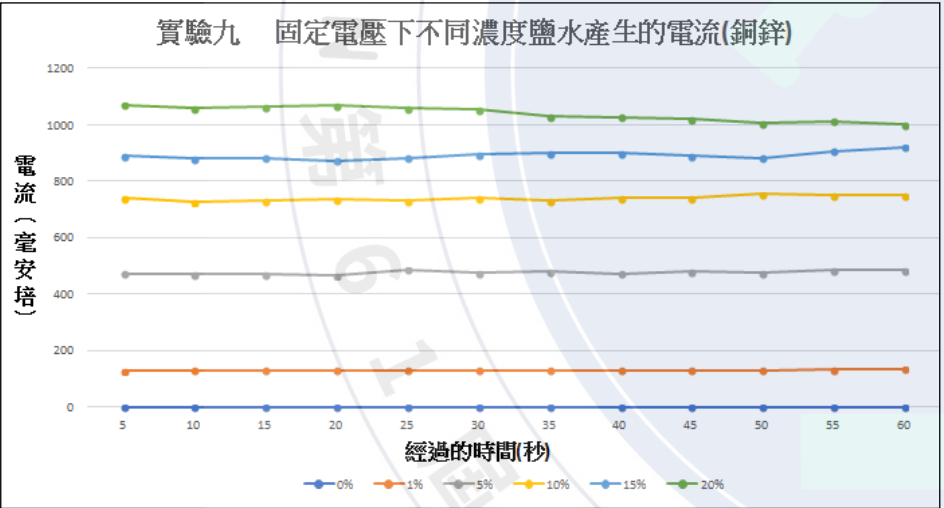
研究三的方法不適用於鹽度檢測

研究四：探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響

不同電極材料



銅鋅組產生的電流範圍較大，較利於觀察

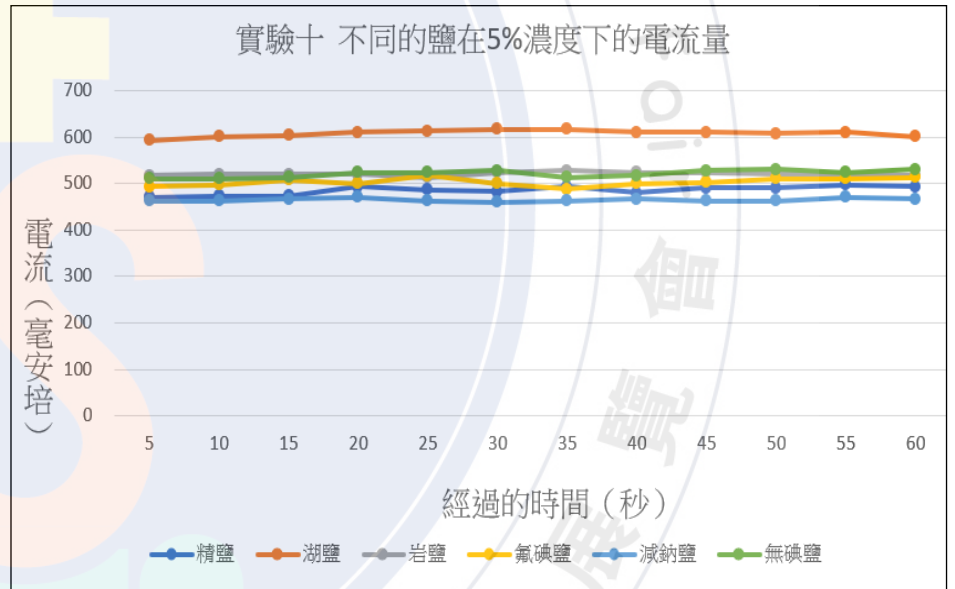
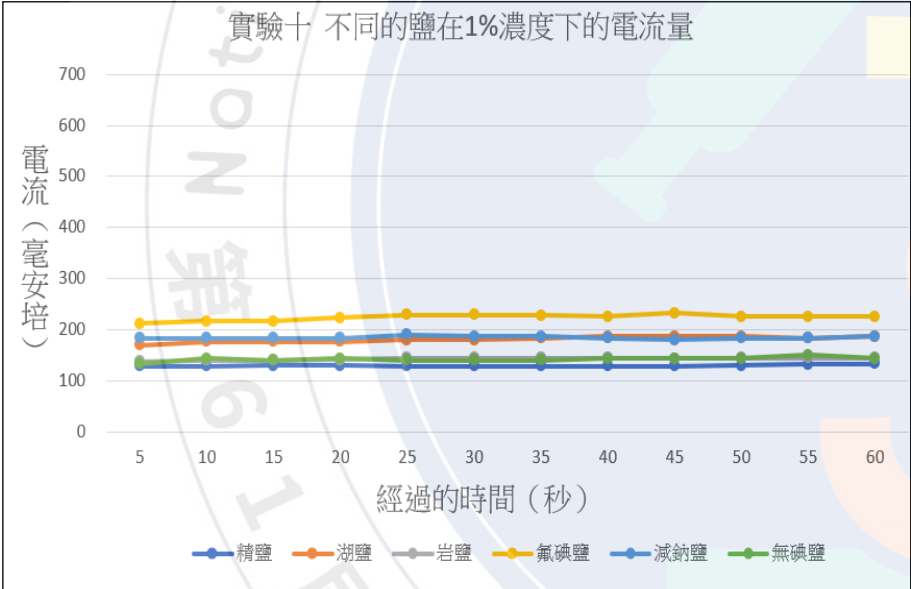


| 鹽度 | 電流平均值mA |
|-----|---------|
| 20% | 1039 |
| 15% | 892 |
| 10% | 740 |
| 5% | 477 |
| 1% | 130 |

以同樣的條件來檢測未知濃度的鹽水，以測得的電流來進行比對，應該可以推論鹽水的濃度範圍。純鹽水檢測適用。

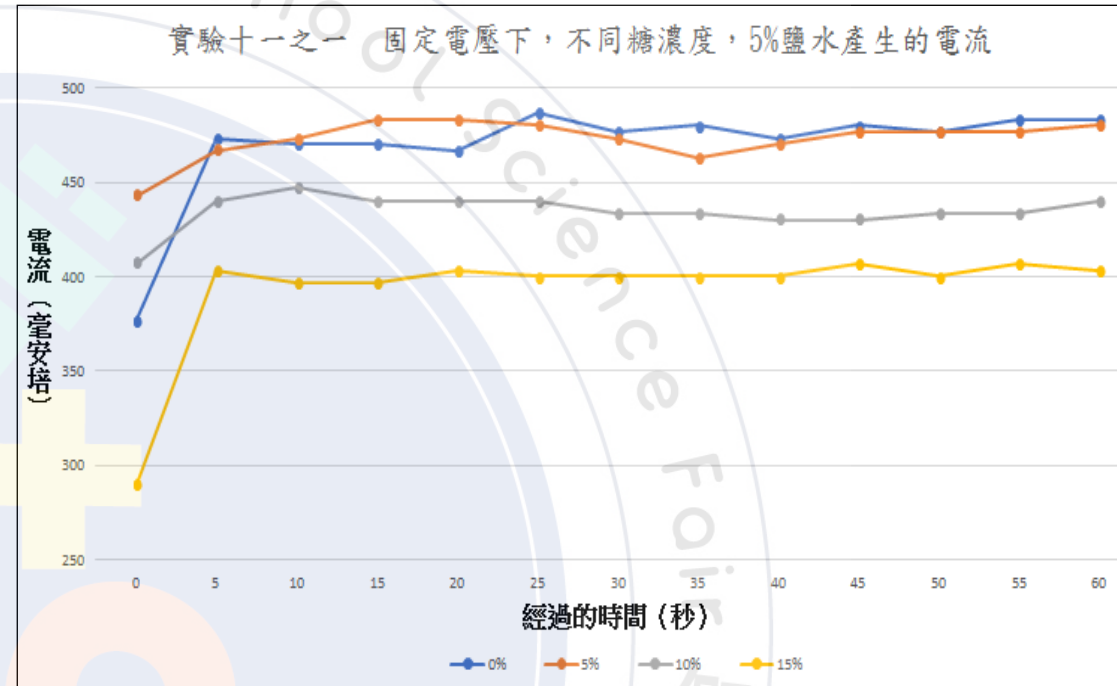
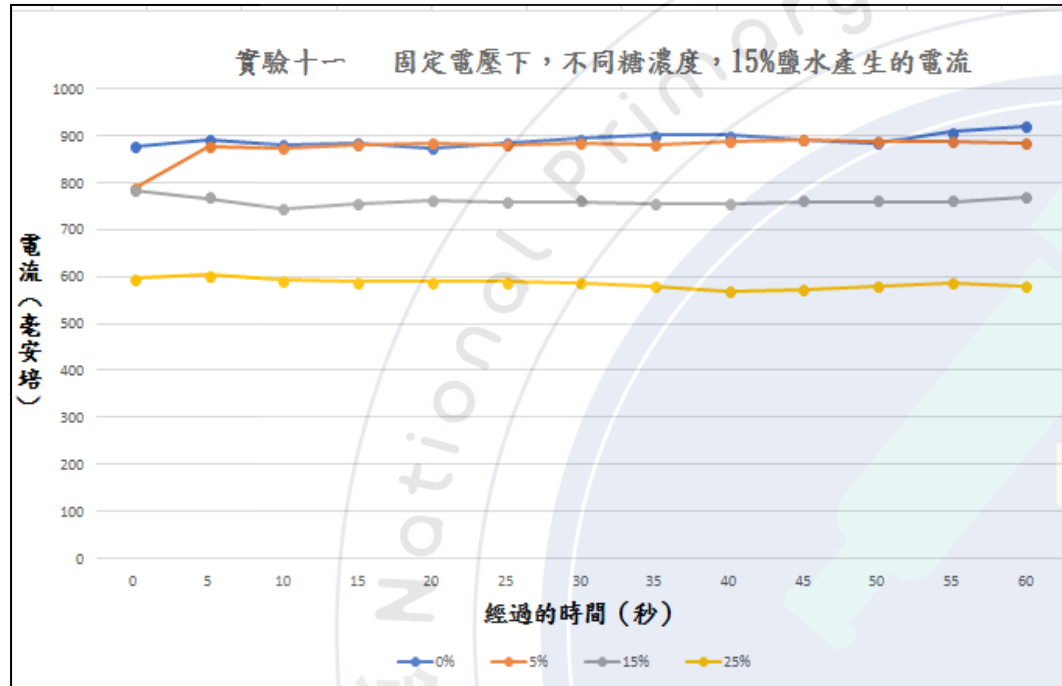
研究四：探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響

不同鹽種類



不同的鹽類所產生的通電電流差異並不明顯，因此對於之後想進行的湯品鹽度檢測並不用考慮湯品中添加的鹽類種類。

研究四：探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響



雙溶質水溶液的糖濃度越高，產生的電流越小，呈現負相關的情形。

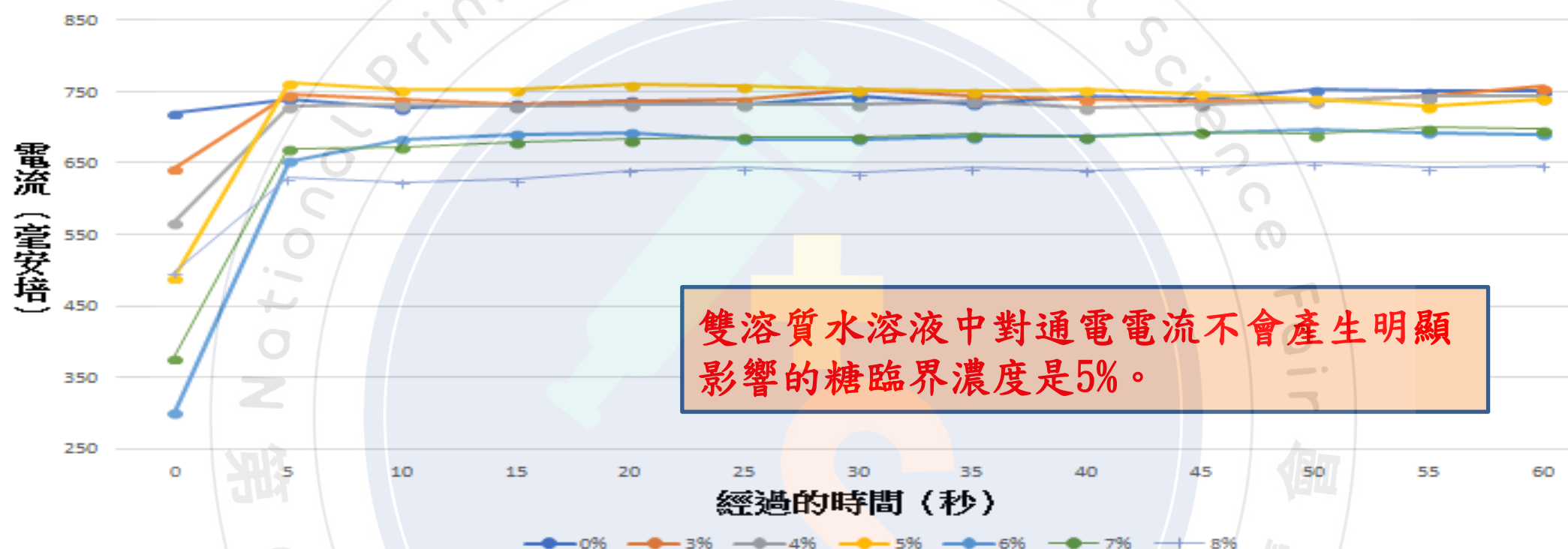
雙溶質水溶液的糖濃度在5%時，對通電電流的影響並不明顯，但10%、15%、25%則會有明顯影響。

| 鹽濃度 | 糖濃度 | 電流(mA) | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 第0秒 | 第5秒 | 第10秒 | 第15秒 | 第20秒 | 第25秒 | 第30秒 | 第35秒 | 第40秒 | 第45秒 | 第50秒 | 第55秒 | 第60秒 |
| 15% | 0% | 890 | 880 | 880 | 880 | 870 | 880 | 890 | 890 | 890 | 890 | 880 | 880 | 880 |
| | | 890 | 900 | 900 | 890 | 890 | 890 | 890 | 900 | 890 | 860 | 860 | 910 | 920 |
| | | 850 | 890 | 860 | 880 | 860 | 880 | 900 | 910 | 920 | 920 | 910 | 930 | 960 |
| 15% | 5% | 950 | 930 | 920 | 920 | 920 | 920 | 930 | 930 | 930 | 940 | 940 | 940 | 940 |
| | | 860 | 880 | 870 | 860 | 880 | 870 | 870 | 870 | 880 | 880 | 870 | 870 | 880 |
| | | 550 | 820 | 830 | 860 | 850 | 850 | 850 | 840 | 850 | 850 | 850 | 850 | 830 |
| 15% | 15% | 780 | 780 | 770 | 780 | 790 | 780 | 780 | 770 | 770 | 770 | 760 | 770 | 780 |
| | | 790 | 760 | 710 | 740 | 750 | 740 | 750 | 750 | 740 | 760 | 760 | 760 | 770 |
| | | 780 | 760 | 750 | 740 | 750 | 750 | 750 | 740 | 750 | 750 | 760 | 750 | 760 |
| 15% | 25% | 610 | 610 | 600 | 600 | 600 | 600 | 570 | 580 | 580 | 560 | 590 | 590 | 580 |
| | | 590 | 610 | 620 | 610 | 610 | 620 | 620 | 590 | 580 | 610 | 610 | 610 | 600 |
| | | 590 | 590 | 560 | 560 | 560 | 550 | 570 | 570 | 550 | 550 | 540 | 560 | 560 |

| 鹽濃度 | 糖濃度 | 電流(mA) | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 第0秒 | 第5秒 | 第10秒 | 第15秒 | 第20秒 | 第25秒 | 第30秒 | 第35秒 | 第40秒 | 第45秒 | 第50秒 | 第55秒 | 第60秒 |
| 5% | 0% | 300 | 450 | 470 | 480 | 470 | 500 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| | | 450 | 480 | 460 | 460 | 460 | 480 | 480 | 480 | 470 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| | | 380 | 490 | 480 | 470 | 470 | 480 | 470 | 480 | 470 | 480 | 470 | 480 | 480 |
| 5% | 5% | 430 | 440 | 460 | 480 | 480 | 480 | 480 | 470 | 470 | 480 | 480 | 480 | 490 |
| | | 440 | 490 | 490 | 490 | 490 | 490 | 470 | 470 | 470 | 470 | 470 | 470 | 470 |
| | | 460 | 470 | 470 | 480 | 480 | 470 | 470 | 450 | 470 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| 5% | 10% | 430 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 440 | 450 | 460 |
| | | 390 | 440 | 450 | 440 | 440 | 440 | 430 | 430 | 420 | 430 | 440 | 430 | 440 |
| | | 400 | 430 | 440 | 430 | 430 | 430 | 420 | 420 | 420 | 410 | 420 | 420 | 420 |
| 5% | 15% | 170 | 400 | 400 | 400 | 410 | 400 | 410 | 400 | 400 | 410 | 410 | 410 | 400 |
| | | 380 | 410 | 410 | 410 | 410 | 410 | 410 | 420 | 420 | 420 | 410 | 420 | 420 |
| | | 320 | 400 | 380 | 380 | 390 | 390 | 380 | 380 | 380 | 380 | 390 | 390 | 390 |

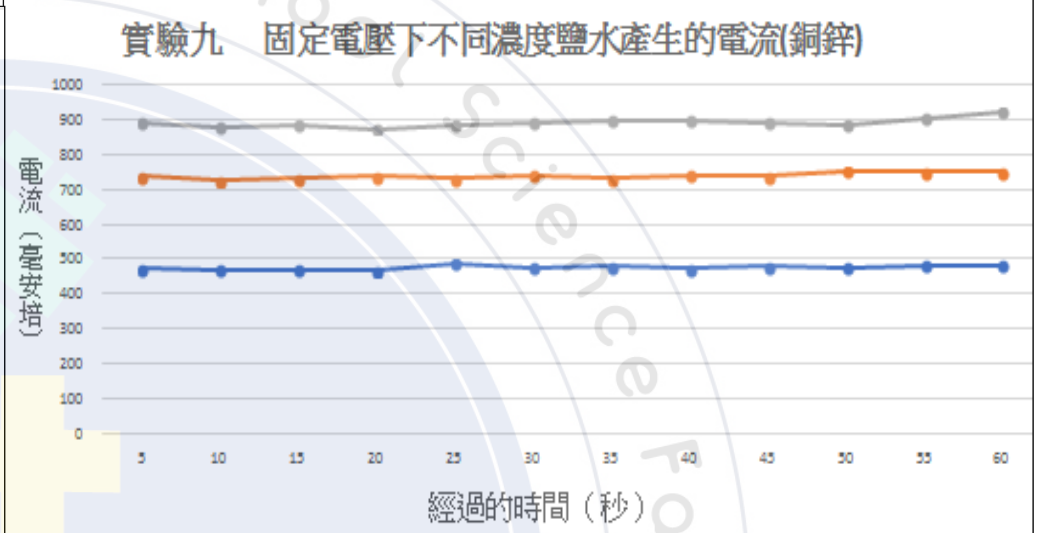
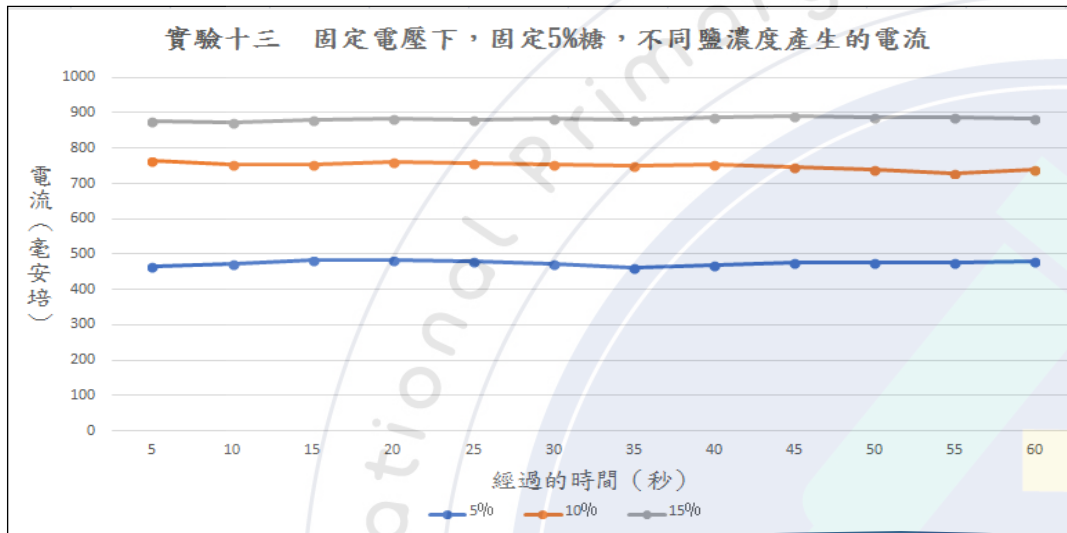
研究四：探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響

實驗十二 固定電壓下不同糖濃度，10%鹽水產生的電流



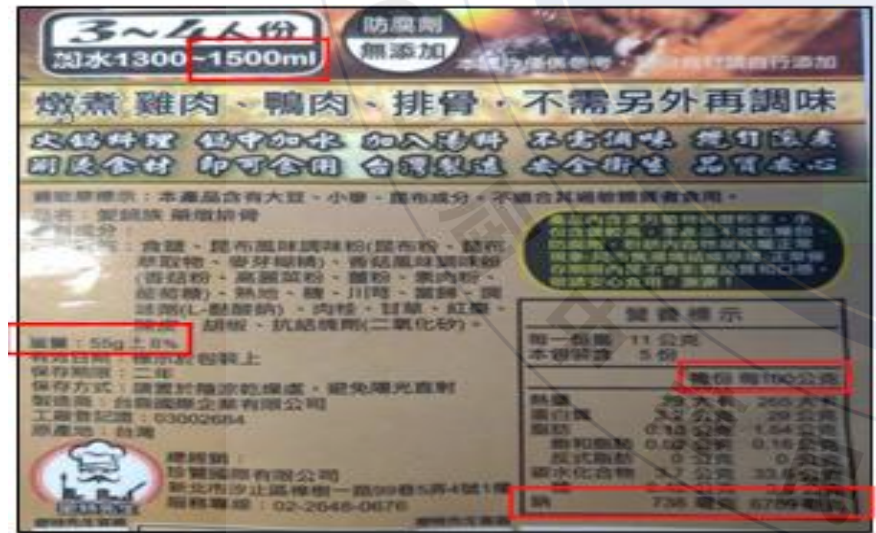
| 鹽濃度 | 糖濃度 | 電流 (mA) | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 第0秒 | 第5秒 | 第10秒 | 第15秒 | 第20秒 | 第25秒 | 第30秒 | 第35秒 | 第40秒 | 第45秒 | 第50秒 | 第55秒 | 第60秒 |
| 10% | 0% | 750 | 740 | 740 | 740 | 740 | 750 | 750 | 750 | 760 | 750 | 780 | 780 | 780 |
| | | 730 | 780 | 760 | 770 | 770 | 770 | 780 | 770 | 780 | 770 | 780 | 770 | 780 |
| | | 680 | 700 | 680 | 690 | 700 | 680 | 700 | 680 | 690 | 700 | 700 | 700 | 690 |
| 10% | 3% | 600 | 700 | 700 | 710 | 720 | 740 | 740 | 730 | 730 | 720 | 730 | 730 | 750 |
| | | 630 | 770 | 750 | 750 | 750 | 740 | 770 | 740 | 740 | 740 | 730 | 750 | 760 |
| | | 700 | 770 | 770 | 740 | 740 | 740 | 750 | 760 | 750 | 750 | 750 | 750 | 760 |
| 10% | 4% | 720 | 720 | 750 | 730 | 750 | 720 | 730 | 710 | 700 | 700 | 710 | 710 | 720 |
| | | 410 | 710 | 710 | 730 | 720 | 720 | 730 | 740 | 730 | 740 | 750 | 750 | 740 |
| | | 570 | 760 | 740 | 730 | 730 | 760 | 740 | 760 | 750 | 760 | 750 | 770 | 770 |
| 10% | 5% | 680 | 800 | 780 | 790 | 800 | 790 | 770 | 780 | 770 | 760 | 750 | 730 | 740 |
| | | 170 | 730 | 720 | 730 | 720 | 730 | 730 | 720 | 730 | 730 | 720 | 710 | 730 |
| | | 620 | 760 | 760 | 740 | 760 | 750 | 760 | 750 | 760 | 750 | 750 | 750 | 750 |
| 10% | 6% | 570 | 590 | 720 | 700 | 710 | 700 | 700 | 700 | 690 | 700 | 700 | 700 | 680 |
| | | 270 | 690 | 670 | 680 | 690 | 670 | 670 | 680 | 680 | 690 | 690 | 700 | 710 |
| | | 60 | 680 | 660 | 690 | 680 | 680 | 680 | 680 | 690 | 690 | 690 | 680 | 680 |
| 10% | 7% | 610 | 660 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 690 | 680 | 690 | 690 |
| | | 350 | 680 | 680 | 690 | 700 | 700 | 700 | 710 | 700 | 710 | 700 | 720 | 720 |
| | | 170 | 670 | 660 | 670 | 670 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 690 | 690 | 680 |
| 10% | 8% | 430 | 640 | 630 | 630 | 630 | 640 | 620 | 640 | 630 | 630 | 650 | 640 | 640 |
| | | 620 | 660 | 640 | 660 | 650 | 650 | 650 | 640 | 650 | 650 | 650 | 640 | 650 |
| | | 440 | 590 | 600 | 590 | 640 | 640 | 640 | 650 | 640 | 650 | 650 | 650 | 650 |

研究四：探討不同的鹽水濃度對通電電流的影響



當糖的濃度只有5%時，對通電電流並沒有產生明顯的影響

研究五：對市售火鍋湯底及黏滯性溶液的鹽度檢測



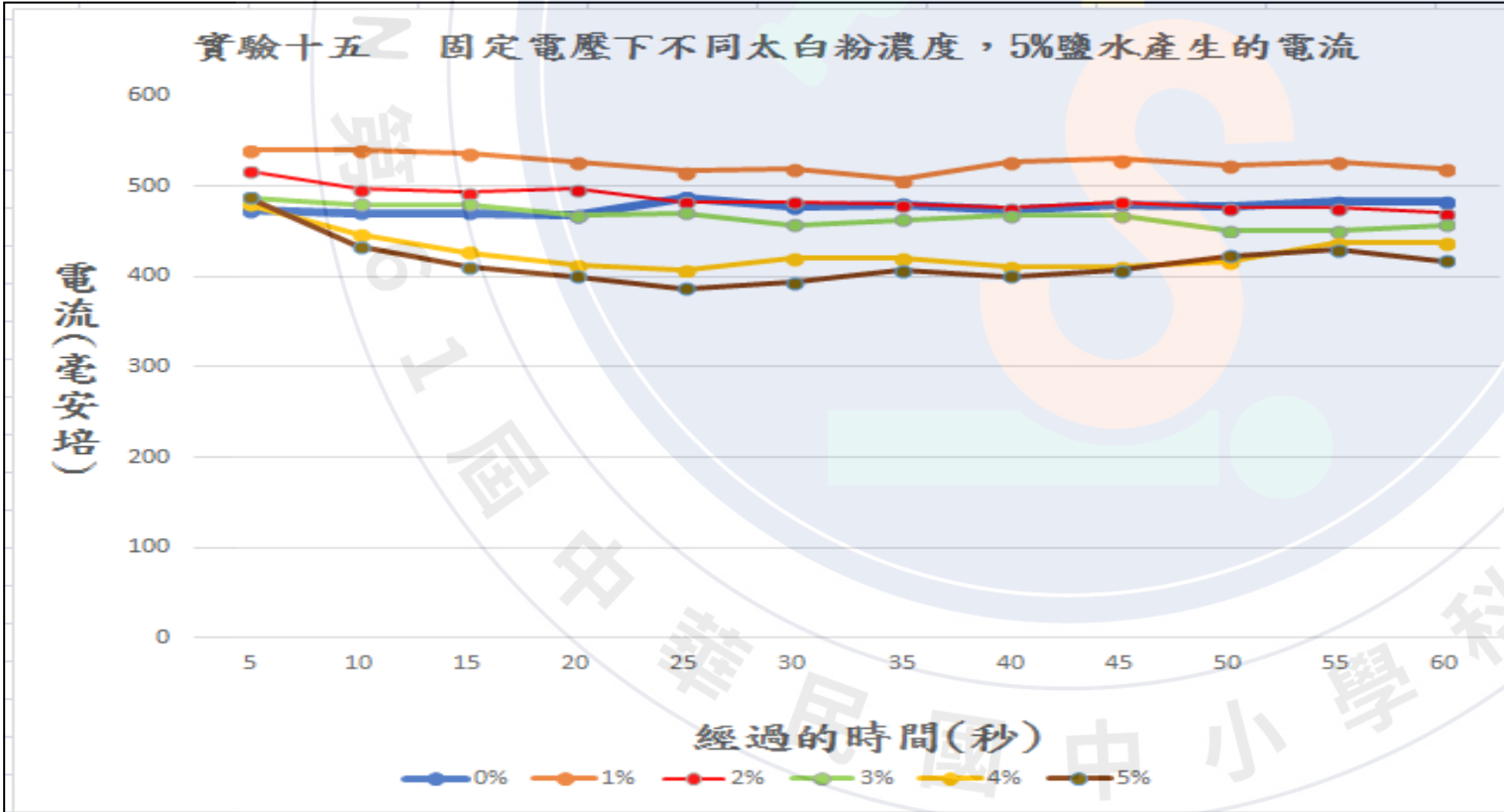
以藥燉排骨湯底為例
 由包裝袋上的營養標示及沖泡配方推算鹽度：
 1. 每 100g，含鈉重 6709mg → 推算出約含鹽 16772.5mg。
 2. 藥燉排骨每份實際重量 55g → 依上式的比例推算出約含鹽 9224.875mg。
 3. 我們加水 1500ml 沖泡，藥燉排骨湯底的鹽濃度約等於 $9.224875g / 1500g + 55g = 0.59\%$

圖三十九 藥燉排骨湯底包裝說明

研究五：對市售火鍋湯底及黏滯性溶液的鹽度檢測

| 湯底種類 | 藥燉排骨 | 鯉魚高湯 | 香濃起士 | 素食高湯 | 麻辣湯底 |
|-------------|-------|------|-------|---------|-------|
| 以營養標示推算鹽度 | 0.59% | 0.9% | 0.34% | <0.001% | 0.39% |
| 以通電電流比對推估鹽度 | <1% | 約1% | <1% | <1% | <1% |
| 以市售鹽度計檢測鹽度 | 1.5% | 2.6% | 3% | 1.8% | 1.5% |

以通電電流來檢測鹽度的方法，雖然無法很精確的告訴我們湯品的實際鹽度，但可以透過對照表，讓我們知道湯品鹽度的範圍，此方法雖然不夠理想，但還是具有參考價值。



黏滯性溶液

第二溶質改用太白粉時，溶液會產生黏滯性，不會明顯影響通電電流的太白粉濃度是3%。

結論

一、鹽水濃度對自製比重計沉水深度的影響：

- (一) 鹽水濃度與自製比重計的沉水深度成反比關係，濃度越高，比重計的沉水深度越淺。自製比重計可以用來檢測純鹽水的鹽度。
- (二) 雙溶質溶液中，鹽的濃度固定時，糖的濃度越高，對自製比重計的沉水深度產生的影響越大。自製比重計不適用於雙溶質溶液的鹽度檢測。

二、鹽水濃度對光折射率的影響：

- (一) 鹽水濃度愈高，光的折射角越小，兩者成反比關係。光折射率適用純鹽水鹽度檢測。
- (二) 雙溶質溶液中，鹽的濃度固定時，糖的濃度越高，光的折射角會越小。光折射率不適用於雙溶質溶液的鹽度檢測。

三、鹽水濃度對導電性的影響：簡易電池原理不適用於鹽水的鹽度檢測。

四、鹽水濃度對通電電流的影響：

- (一) 以銅鋅、銅鎂為電極，鹽水濃度越大產生的通電電流越大，兩者成正相關。以產生的電流進行比對可以用來檢測純鹽水的鹽度。
- (二) 以不同種類的鹽調配出相同濃度的鹽水水溶液所產生的通電電流並沒有太大差異。
- (三) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，糖的濃度越高，產生的電流越小。
- (四) 雙溶質溶液中，固定的鹽水濃度下，對通電電流不會產生明顯影響的糖濃度是5%。第二溶質5%以下時，可以用來檢測雙溶質溶液的鹽度。

五、對市售火鍋湯底及黏滯性溶液的鹽度檢測：

- (一) 火鍋湯底的鹽度檢測，五種湯底中有四種檢測結果符合由營養標示推算出的鹽度。不符合的湯底推測是營養標示有誤或是受到其他溶質的影響。
- (二) 以鹽及太白粉調配的雙溶質溶液，具有黏滯性，對通電電流不會產生明顯影響的太白粉濃度為3%，水溶液的黏滯性越高，產生的通電電流越小。