

## 2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

■國中組 □普高組 □技高組 成果報告格式

### 題目名稱：樂比熱，我看得見你

#### 一、摘要

初步發現鹽水溶液的濃度越高其沸點也會升高，而糖水在不同濃度下的沸點較不規律。各濃度的糖水和鹽水其水 $\Delta T$ /待測溶液 $\Delta T$ (就是比熱)會因為濃度增加而降低，也就是比熱會降低，無論是何種溶液，在常溫下不混合、隔著容器也能跟高溫的熱水進行熱交換直到達熱平衡。糖水和鹽水濃度越高，其升溫速率也會隨著增加，符合比熱小的物質升溫快與比熱大的物質降溫慢的推論。

#### 二、探究題目與動機

我們在學習理化的溫度與熱的單元裡，除了明白每種物質都有它特定的比熱，不同的物質，升溫或降溫 $1^{\circ}\text{C}$ 所需要的熱量(就是比熱 $S$ )也不同，而且也知道熱量的流動是從高溫的物體流到低溫的物體，最後達到溫度相等，最後達成“熱平衡”。所以我們想知道混合物的比熱是否隨組成比例改變而改變。我們只看過課本上呈現的圖表(如圖 1)或聽過老師說熱平衡的結果，但是從來沒有看過熱平衡的過程。所以，我們希望藉由實驗來觀察熱平衡的真實樣貌。還有因此，我們希望透過實驗來探究不同種類與濃度的水溶液升降溫和水溶液和熱源熱平衡的過程。

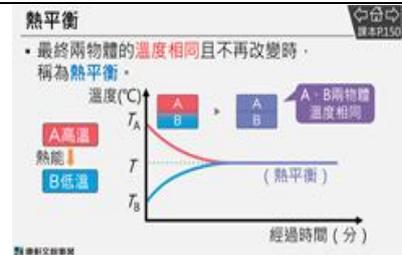


圖 1 課本上的熱平衡(康軒版)

#### 三、探究目的與假設

我們知道純物質有固定的物理性質例如比熱、沸點、凝固點，混合物則無。若將水和食鹽以及水和蔗糖按不同比例配製成水溶液：

**假設一**、它們的水溶液的比熱大小是否介在此二者純物質之間，其比熱大小是否有規律改變，還有其水溶液的沸點高低變化是否如課本裡描述的上升或下降，且隨濃度增加而改變。蔗糖的比熱為  $0.2963 \text{ Cal/g}^{\circ}\text{C}$ 、食鹽的比熱為  $0.2067 \text{ Cal/g}^{\circ}\text{C}$ 。

**假設二**、若以熱水作為熱源，加熱常溫下的不同濃度的鹽水或糖水，比熱小的溶液升溫會比較快且溫度變化大，比熱大的降溫較慢且溫度變化較少，而且冷溶液和熱水的比熱差距越大，是否其升降溫差的差距也會大呢？二者達熱平衡後的升降溫度速率，是否比熱小的速率 $>$ 比熱大的速率。

因為食鹽水常溫下重量百分濃度約為 26.5%(35.6g/100g 水)，所以我們訂出 5%、10%、15%、20% 的重量百分濃度。蔗糖也比照配製。我們雖知道純水的比熱是  $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ ，但是我們覺得應該以同一個條件下找出每一種水溶液和水比較後的比熱。

我們的目的為：

- 一、找出不同濃度食鹽和蔗糖的水溶液固定加熱器下的升溫至沸騰的溫度變化。
- 二、固定選取加熱 600 秒(10 分鐘)各濃度的水溶液的溫度變化與水溫度變化的比較，以驗證我們的**假設一**。
- 三、找出合適的**實驗器材組合**來觀察，不同濃度的食鹽水和蔗糖水與熱水進行熱量傳遞的現象，來觀察熱平衡的溫度變化與達熱平衡所需的時間並算出升降溫速率，進而驗證我們的**假設二**。

#### 四、探究方法與驗證步驟

我們探究方法如下：

##### 一、同質量的水和不同濃度溶液加熱相同時間升溫的溫差比較

- 1.配置重量百分率為 5%、10%、15%、20%的蔗糖水和食鹽水各 100g，並以同質量的水作為對照組。
- 2.將以上的放到加熱器上加熱到沸騰，並以溫度計連接主控板在筆電上，每 5 秒記錄溫度一次。
- 3.由步驟 2 計算加熱相同時間內各水溶液的溫差，並與水的溫差做比較。

利用我們學到的公式  $H=mS\Delta T$ ：因為比熱  $S$  和溫差  $\Delta T$  成反比，同質量的水和不同濃度水溶液溫差比值，找出大概的比熱(水 $\Delta T$ /待測溶液 $\Delta T$ )，驗證假設一。

##### 二、觀察鋁罐內常溫的水溶液與燒杯內的熱水熱交換的情形

為避免鋁罐內水溶液受熱不均，我們刻意將燒杯內的熱水液面略高於鋁罐內待測溶液。

- 1、將裝有 150g 的 5%的糖水溶液裝入鋁罐中，放在加熱至 90°C以上的 200g 熱水的燒杯中，在鋪滿碎紙與泡綿紙盡量減少熱量散失的狀態下封在保麗龍盒中。
- 2、以溫度計連接筆電測量溫度變化，直到鋁罐內杯與燒杯外杯水溫度相同就停止紀錄。
- 3、因為食鹽水的飽和濃度約為 26%，所以食鹽水濃度我們訂為 5%、10%、15%、20%，而糖水也是 5%、10%、15%、20%、30%。重複上述步驟。
- 4、以圖表分析並呈現溫度變化曲線，並算出待測水溶液(內)與熱水(外)升降溫速率，以驗證假設二。

##### 三、實驗設備改良

我們起初是利用電子式溫度計分別放在熱水和待測溶液中，再將此二者混合看其溫度變化，結果一下子就平衡了，還來不及紀錄時間，後來我們跟老師討論後，決定改用鋁罐和燒杯作成杯中杯，內杯式鋁罐裝 150g 待測液，外杯是 500mL 燒杯裝 200g 熱水，溫度計分別放置在內外杯中。但我們發現，因為人工紀錄溫度，紀錄時間有差異，還有熱水散熱太快，溫度下降太多。

後來老師找來筆電、麵包板、熱敏電阻、用 Arduino 寫好程式並設法用保麗龍盒絕熱，我們才能看到像圖 1 熱交換時的溫度變化(外杯的熱水高度要略高於內杯的冷水溶液，所以我們找出內杯水溶液為 150g，外杯熱水為 200g 的最佳條件)

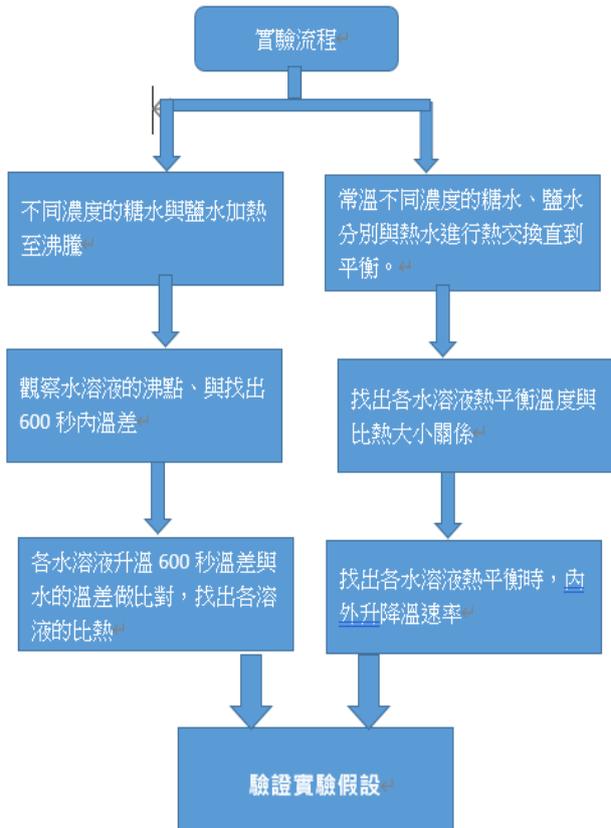


圖 2、實驗流程



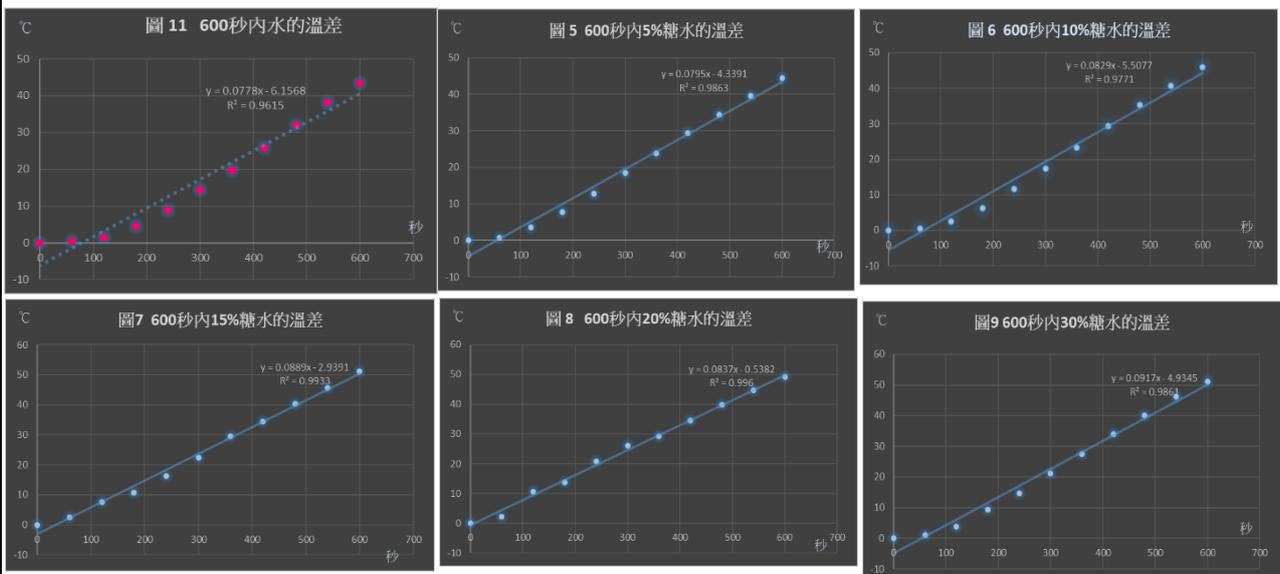
圖 3 實驗設備

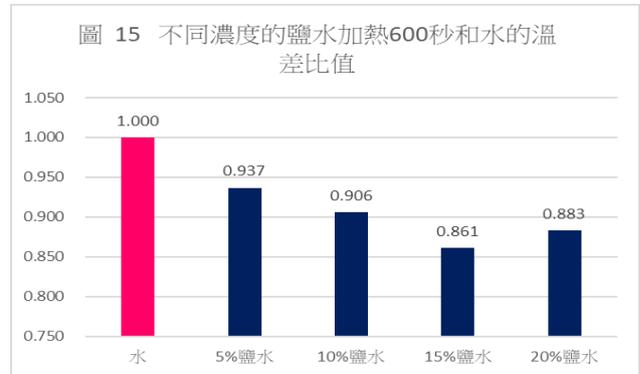
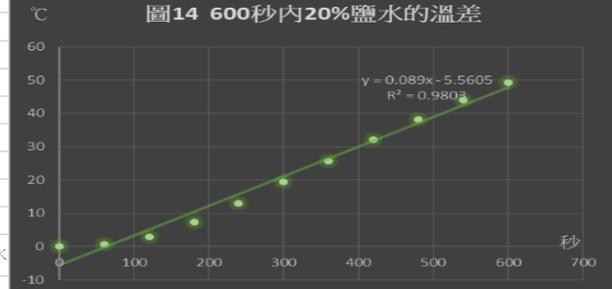
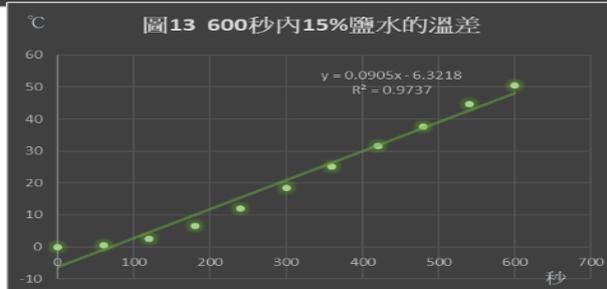
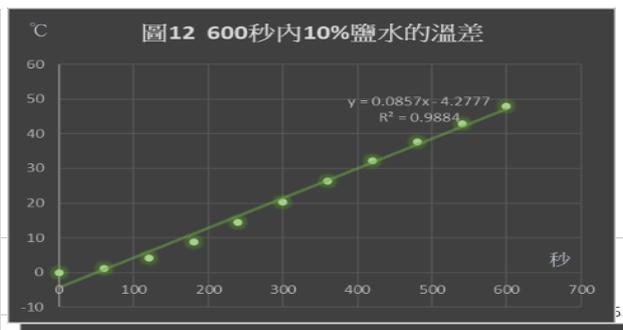
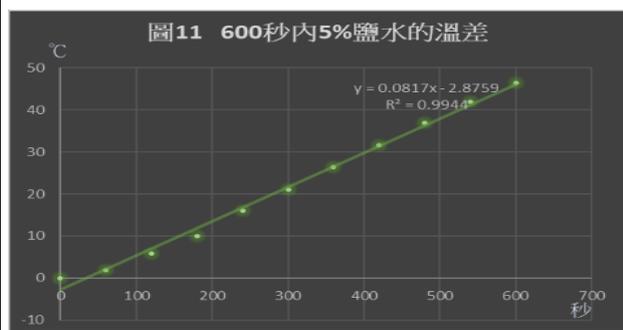
## 五、結論與生活應用

### 結果與討論

#### 一、假設一的驗證

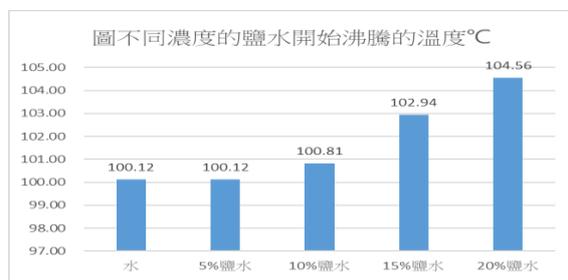
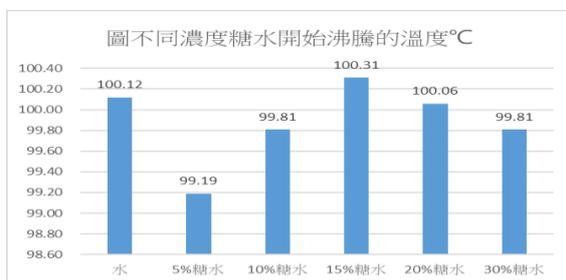
#### (一) $\frac{\Delta T_{\text{水}}}{\Delta T_{\text{待測溶液}}}$ 的比值均是否介在溶質和溶劑之間





我們發現無論是糖水還是鹽水，加熱 600 秒的溫差曲線近似一條斜直線，其  $R^2$  超過 0.9，就是實驗數據超過 9 成的規律性。蔗糖的比熱為  $0.2963 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ 、食鹽的比熱為  $0.2067 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ ，而由圖 10、圖 15 得知在水量多的情況下， $\frac{\text{水}\Delta T}{\text{待測溶液}\Delta T}$  的比值(也就是比熱)均與我們的假設一吻合、介在溶質和溶劑之間且接近水的比熱。

## (二)不同濃度的糖水和鹽水的沸點是否隨著濃度增加而升高。

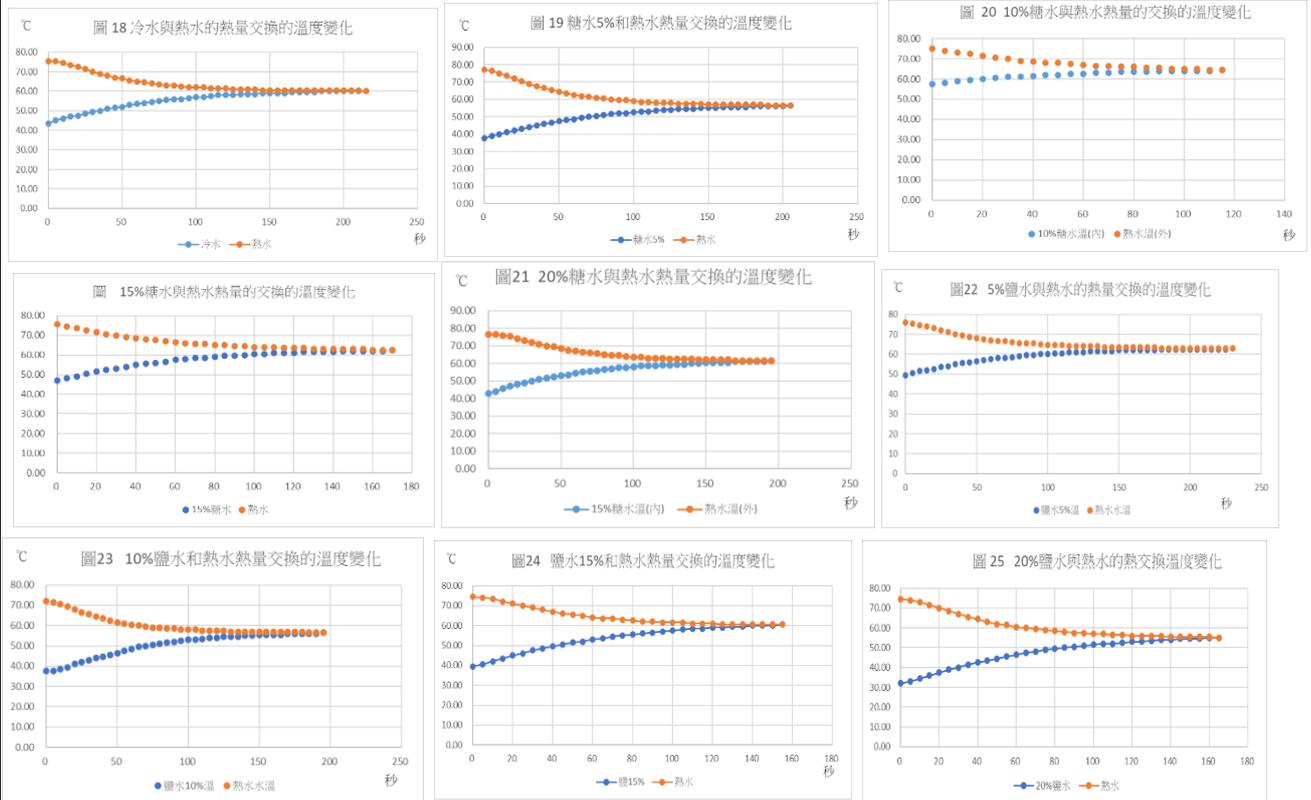


我們發現不同濃度的糖水和鹽水的確沸點因濃度而不同，且課本裡描述的食鹽水溶液沸點會上升，果不其然，食鹽水的沸點的確因濃度增加而上升，符合我們的假設一，但是糖水卻不太規律而且有部分濃度糖水沸點卻落在  $100^\circ\text{C}$  以下，我們真的感到好奇，是否跟蔗糖本身的性質有關，待我們下次探究。

## 二、假設二的驗證

我們知道熱量的流動是由高溫流向低溫，最後溫度會一樣，也就是會達熱平衡，若是我們將熱水當作熱源加熱常溫下的各溶液，是否可以藉由冷溶液和熱水的溫差變化而看見能量流動呢？藉此驗證我們的假設二-是否比熱小的速率>比熱大的速率。

### (一)我們的實驗器材是否能重現圖 1 的冷熱液體的溫度變化呢？

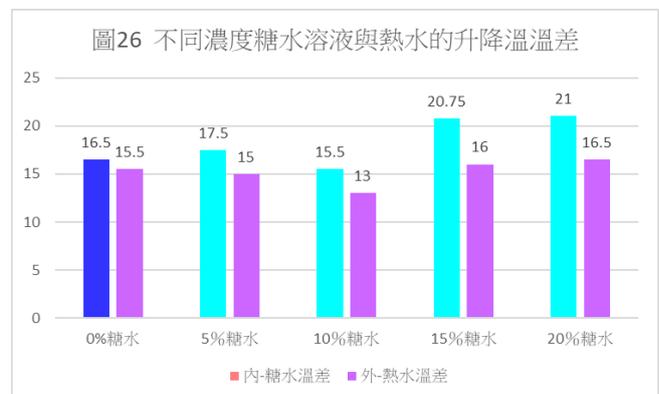


由以上圖 18~圖 25，我們的實驗裝置可以清楚看見無論是何種溶液在常溫下不混合、隔著容器也能跟高溫的熱水進行熱交換直到達溫度一致，就是達熱平衡。所以符合我們的目的三。

### (二)驗證內杯比熱小的升溫差大，外杯比熱大的熱水降溫溫差少。

由於我們內外杯的溶液質量不同，所以我們依然用內-冷水和外-熱水作為對照組，觀察此實驗器材和內外溶液質量不同造成的差異，我們發現內杯和外杯的冷水升溫溫差和熱水降溫溫差僅差 1°C，所以內杯的鹽水和糖水比熱較小，其升溫溫差會和外杯的熱水降溫溫差有明顯的差異。

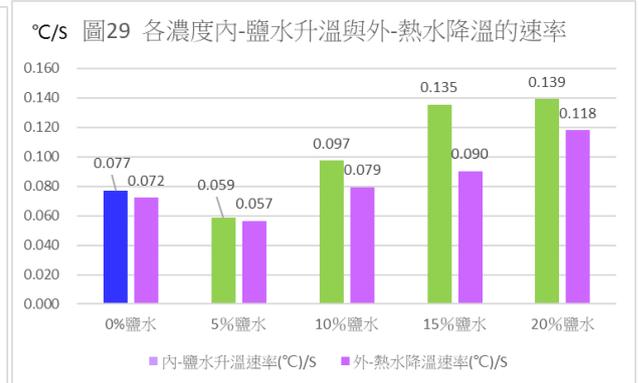
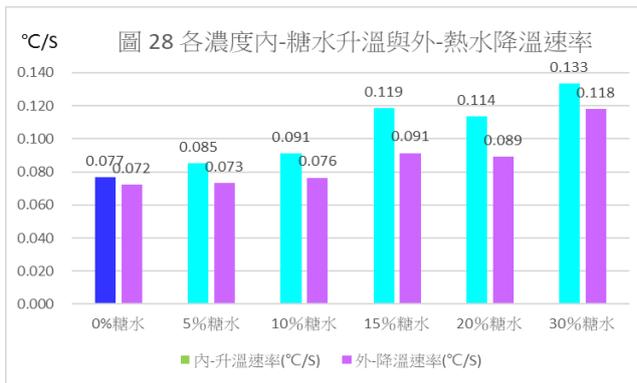
由圖 26 和圖 27 我們發現大致上比熱小的內杯糖水和鹽水溶液升溫幅度較大，和外



杯熱水降溫溫差比較起來差異大，而且內外杯比熱差距增加，兩者升溫溫差和降溫溫差的差距也會有增加的趨勢，所以無論是糖水還是鹽水，濃度越大，比熱越小，升溫溫差會越大。所以和我們的假設二也是吻合的。



(三) 內外杯溶液達熱平衡後的升降溫度速率，是否比熱小的速率>比熱大的速率。



由圖 28~圖 29 我們觀察到，內外杯溶液升降溫速率的確如我們的假設二，比熱越小的降溫越快。所以無論是糖水還是鹽水，濃度越大，比熱越小，升溫速率也會越快，也符合我們的推測。

最後，我們總結我們的探究實驗，大都符合我們的預測。雖然我們探究的題目很簡單，但是最大的收穫是學習從課本裡找題目來進行探索。在實驗中發生困難的時候，特別是改良實驗方式和器材時遭遇的困難，我們都和老師一起努力找尋解決的方法，享受辛苦又快樂的實驗過程。

參考資料

1. 翰林版自然科第三冊第二章純物質與混合物的物理性質和第五章熱量
2. 沙子的比熱測量，林千郁等，第 44 屆國展國中組理化科優勝
3. 油比較就有熱趣，林宜蓁等，第 60 屆國展國中組物理科優勝
4. 能量會躲貓貓，周一宇等，第 48 屆國展國中組理化科優勝