

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 國中-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 中 組

作品名稱：再忙！也要和你喝杯咖啡 - - 利用自製實驗裝置

探討虹吸式咖啡壺原理與應用之研究

關 鍵 詞：氣體膨脹、熱脹冷縮、蒸汽壓

編 號：030110

---

**學校名稱：**

彰化縣立彰德國民中學

**作者姓名：**

林敬翰、陳建州、陳浩瑋

**指導老師：**

劉志榮、溫存儒





## 一、研究動機

相信大家應該都聽過「再忙！也要和你喝杯咖啡」這一句廣告詞吧！我是因為看了那個廣告，才開始想喝咖啡的。平常在讀書的時候，我會泡一杯即溶式咖啡放在書桌旁邊，有一天我爸爸帶我去買「虹吸式咖啡壺」。當老闆在教我怎麼使用「虹吸式咖啡壺」的時候，我發現了幾個問題：到底水是怎麼跑上去的呢？又是為什麼會一下子掉下來呢？難道有我不知道的機關？

這一連串的問題引發我與班上兩位同學在理化老師的指導下，開始研究「虹吸式咖啡壺」原理的動機。於是我們在實驗室自製實驗裝置探討「虹吸式咖啡壺」的原理。老師也提醒我們要查一查上學期學過的理化課本，有什麼跟這個是有關係的，想一想這個原理可以應用在哪些地方，因此我們便做了下面系列的研究。



## 二、研究目的

原本這個研究剛開始是想要了解「虹吸式咖啡壺」的原理是什麼，不過老師建議我們不妨利用自製實驗裝置探討每個變因之間的關係。如上面所言，本研究的問題如下：

- (一) 利用科學方法來研究「虹吸式咖啡壺」的原理是什麼？
- (二) 如何利用實驗室的器材來設計「虹吸式咖啡壺」的改良代替器材？
- (三) 代替器材 可以應用於哪些實驗的探討？



## 三、研究器材

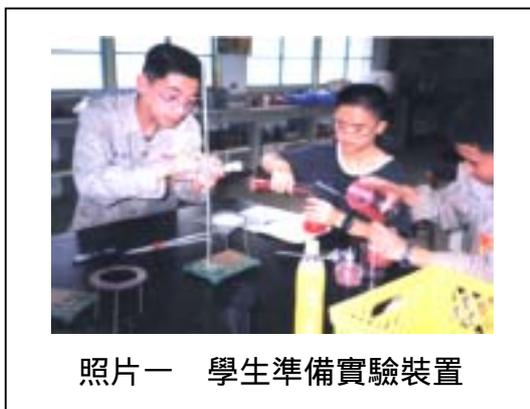
表一 研究器材表

名稱	數量	名稱	數量
錐形瓶 (250ml 無側管)	1 個	溫度計 (註 2)	1 根
薊頭漏斗	1 個	細玻璃管	1 根
雙孔橡皮塞 (註 1)	1 個	大燒杯 (1000ml)	1 個
滴管	1 隻	顏料 (註 3)	1 罐
三角架	1 個	量筒	1 個
陶瓷纖維網	1 個	鐵架	1 個
酒精燈	1 個	夾子	1 個

註 1：如果實驗室沒有適合的雙孔橡皮塞，可利用穿孔器自製。

註 2：由於實驗室的溫度計所測得的高度不一定相同，可將數支溫度計與電子溫度計比較，使用較為靈敏且正確者。

註 3：原先預計使用優碘（紅藥水），研究發現滴入少數優碘，經過攪拌後，則水溶液的顏色會轉為無色，必須滴入直到飽和才有顏色，因此建議使用水彩顏料。



照片一 學生準備實驗裝置

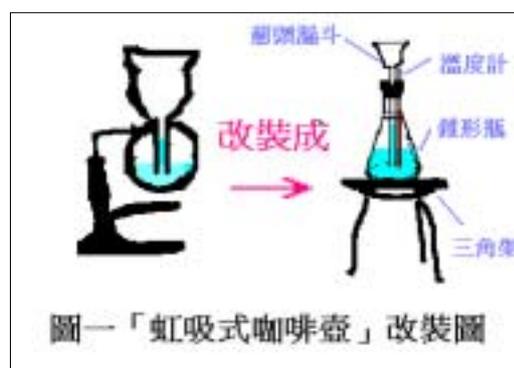


## 四、研究過程與結果

### （一）實驗一：觀察實驗

#### 1、設計想法：

由於我們在作理化課本「2-1 氧」實驗時，曾經使用過薊頭漏斗與錐形瓶，因此我們聯想到利用這些器材組裝成為實驗裝置（如圖一），來研究「虹吸式咖啡壺」的原理。我們先組裝實驗裝置，然後觀察它有什麼現象，記錄下來。



圖一「虹吸式咖啡壺」改裝圖

#### 2、變項控制：

- （1）控制變因：水的體積（200ml）
- （2）操縱變因：加熱
- （3）應變變因：水位上升現象

#### 3、實驗步驟：

- （1）使用「虹吸式咖啡壺」修改裝置。
- （2）以附有薊頭漏斗與溫度計的雙孔橡皮塞緊錐形瓶瓶口，薊頭漏斗長管末端要盡量插到錐形瓶底部，溫度計的底端必須置放於錐形瓶的中央。

- (3) 慢慢倒入 200ml 的蒸餾水於錐形瓶中，調整薊頭漏斗使水位略高於薊頭漏斗長管末端。
- (4) 將酒精燈點燃，置放三角架下，開始加熱，觀察並紀錄水面變化情形。

#### 4、觀察發現：

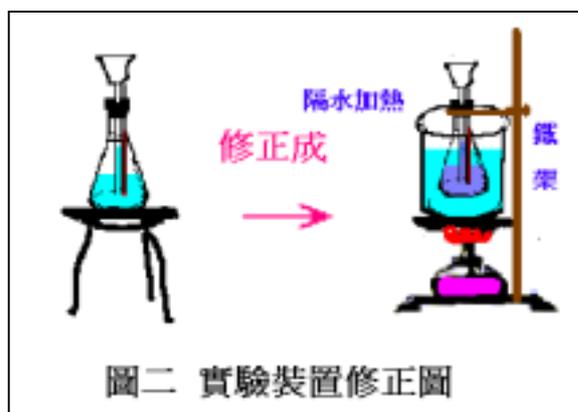
- (1) 加熱至 40 時，開始有水氣產生，整個錐形瓶變得看不清楚，無法清楚看到水位的位置。60 時有水滴凝結，70 時水滴沿著錐形瓶壁滑下來。
- (2) 溫度上升時，水位突然上升，一下子又下降，等到溫度計的刻度上升，水位又上升的更高，接下來又下降。

#### 5、結果討論：

- (1) 由於水氣會使得水面的位置不明顯，因此，我們在水中加入顏料，應該可以使得水位更加明顯，試驗結果發現可以成功看到水面的變化。
- (2) 關於水位突然上升與下降的情形，我們推測是因為加熱過快，熱量的傳播不穩定，而造成像理化課本「實驗 5-1 水的膨脹和收縮」所提到的錐形瓶與薊頭漏斗先受熱膨脹，使口徑變大，造成水位下降，後來水膨脹造成水位上升的現象，因此我們嘗試以隔水加熱法來加熱，試驗之後發現水面起伏幅度變小。
- (3) 雖然水位突然升高，突然下降，我們無法明確得知每一個溫度時所對應的水位高度，但是隨著溫度上升，可以發現水位的最高點越來越高，因此推測水位的上升與溫度的高低有關。
- (4) 根據 (1)(2) 的結果討論，我們修改實驗裝置。再次進行觀察實驗，結果發現錐形瓶因為浮力的關係無法正放於燒杯中，因此我們又加上鐵架來固定錐形瓶（如圖二所示）。



照片二 觀察實驗



圖二 實驗裝置修正圖

## (二) 實驗二：水的溫度與水位上升高度關係

### 1、設計想法：

我們從實驗一推測水位的上升與溫度的高低有關，但實驗一並未進行數據的測試，因此我們在薊頭漏斗上貼上自製的刻度尺（0-29.2cm），來求得水的溫度與水位上升高度的關係。由於一般水溫在 23~25 上下，本實驗裝置使用隔水加熱法，溫度無法達到 90~100 ，所以我們將測量的範圍定在 30~80 之間。

### 2、變項控制：

- (1) 控制變因：水的體積（200ml）、燒杯水的體積（750ml）
- (2) 操縱變因：加熱
- (3) 應變變因：水位上升高度

### 3、實驗步驟：

- (1) 使用「虹吸式咖啡壺」修改裝置。
- (2) 以附有刻度的薊頭漏斗與溫度計的雙孔橡皮塞緊錐形瓶瓶口，薊頭漏斗長管末端要盡量插到錐形瓶底部，溫度計的底端必須置放於錐形瓶的中央。
- (3) 慢慢倒入 200ml 的蒸餾水於錐形瓶中，調整薊頭漏斗使水位略高於薊頭漏斗長管末端。
- (4) 將酒精燈點燃，置放三角架下，開始加熱，觀察溫度計，自 30 開始，每隔 5 ，紀錄一次水位高度。
- (5) 依實驗步驟（1）~（4）重複測量十次。

### 4、研究結果

表一 不同水溫的水位高度表

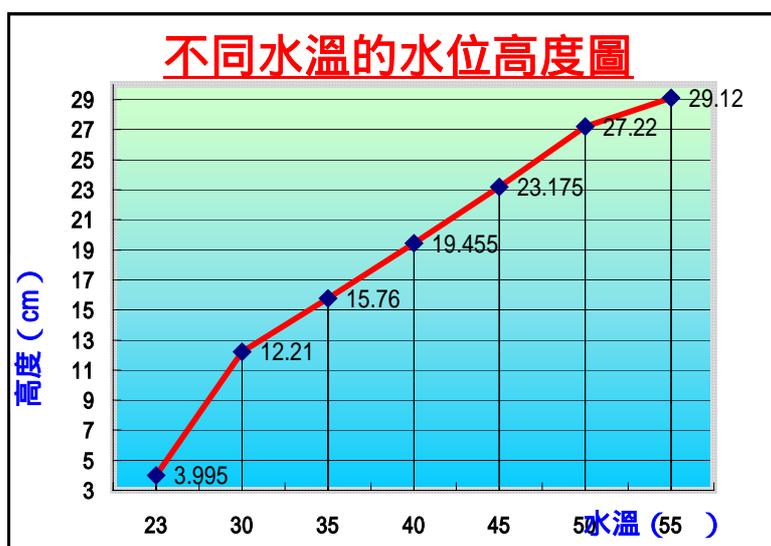
水溫 ( ) 實驗 次數(次)	初溫						55	60				
	24	30	35	40	45	50	(註 1)	(註 2)	65	70	75	80
1	3.80	12.10	15.30	18.70	23.10	27.50	29.20 ( 51 )	-	-	-	-	-
2	4.20	11.90	16.80	18.60	22.50	26.70	29.20 ( 52 )	-	-	-	-	-
3	4.55	12.30	15.90	19.55	23.30	27.90	28.70 ( 55 )	29.2 ( 56 )	-	-	-	-
4	3.65	12.25	15.90	19.00	23.80	26.50	29.20 ( 52 )	-	-	-	-	-
5	3.90	12.40	15.50	19.90	22.70	27.80	29.20 ( 54 )	-	-	-	-	-
6	4.10	11.30	16.0	18.90	22.90	27.40	29.20 ( 52 )	-	-	-	-	-
7	4.00	12.70	15.70	20.50	23.10	26.00	28.90 ( 55 )	29.2 ( 56 )	-	-	-	-

8	3.80	12.00	16.30	20.20	24.10	26.60	29.20 ( 53 )	-	-	-	-	-
9	4.05	12.30	15.20	19.70	22.55	27.60	29.20 ( 52 )	-	-	-	-	-
10	3.90	12.85	15.00	19.50	23.70	28.20	29.20 ( 54 )	-	-	-	-	-
平均值	4.00	12.21	15.76	19.50	23.18	27.22	29.12 ( 53 )	-	-	-	-	-
高度變化	0	8.21	11.76	15.5	19.18	23.22	25.12					
1 上升	1.37	0.71	0.75	0.74	0.81	0.95						

格內數據表示水位的高度（單位：cm）

註 1：在 50~55 區間內，水位達到頂點（29.2cm）的溫度不盡相同，將到達頂點的溫度附註於水位高度後。

註 2：薊頭漏斗瓶口刻度最大為 29.2，符號「 - 」表示已到達頂端，停止測量。



圖三 不同水溫的水位高度圖（200ml）

## 5、結果討論：

- (1) 由不同水溫的水位高度圖，我們可以發現 30 ~50 之間呈現正比的關係，而 50~55 的曲線看起來似乎變化較小，但由實際達頂點的平均溫度 53 來換算，可以發現相差不多（0.75：0.95）。因此，經由這個實驗，我們證實水位的高低確實與溫度成近似正比關係。
- (2) 但是，比較讓我們覺得奇怪的是 23~30 的變化竟然比 30 ~50 大將近兩倍之多（1.37：0.71），而不是呈現正比的關係，產生這樣情形的原因，還有待我們繼續探討。

### (三) 實驗三：水的體積與水位上升高度關係 ( )

#### 1、設計想法：

根據實驗二的結果討論，我們發現水位的高低與溫度成近似正比關係，接下來我們轉而探討水的體積對於水位的高低是否有影響？有著什麼影響？

#### 2、變項控制：

- (1) 控制變因：燒杯水的體積 (750ml)
- (2) 操縱變因：錐形瓶中水的體積 (ml)、加熱
- (3) 應變變因：水上升的高度

#### 3、實驗步驟：

- (1) 使用「虹吸式咖啡壺」隔水加熱修正裝置，錐形瓶加入 50ml 的水、燒杯中加入 750ml 的水
- (2) 以附有薊頭漏斗與溫度計的雙孔橡皮塞緊錐形瓶瓶口，薊頭漏斗長管末端要盡量插到錐形瓶底部，溫度計的底端必須置放於水的中央。
- (3) 將酒精燈點燃，置放三角架下，開始加熱，觀察並紀錄水面變化情形。
- (4) 將錐形瓶中水的體積改為 100ml、150ml、200 ml、250ml，重複實驗步驟 (1)~(3)

#### 4、研究結果：

表二 水的體積與水位高度表 ( ) (燒杯水 750ml)

水溫 ( )	初溫 (註 1) 24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
100	2.00	2.05	2.05	2.05	2.05	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
150	2.60	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
200	4.05	12.30	15.7	18.90	23.10	27.40	29.20 (52)	-	-	-	-	-
250	3.20	12.20	16.80	20.20	25.50	29.20 (48)	-	-	-	-	-	-

格內數據表示水位上升的高度 (單位：cm)

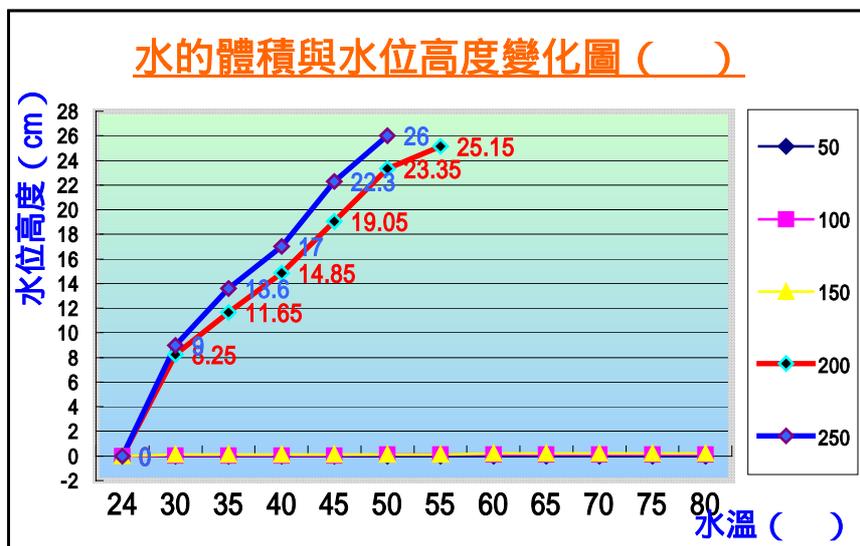
註 1：由於不同的體積的水位不同，必須調整薊頭漏斗與溫度計的高度，因此剛開始的高度不盡相同。

由於不同體積的水的初溫水位不一樣高，因此直接比較原始數據並無太大的意義，所以我們將上述的原始數據，以初溫作為起點，將原始數據轉換成水的體積與水位高度變化數據。

表三 水的體積與水位高度變化表 ( ) (燒杯水 750ml)

水溫 ( )	初溫	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	24	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
150	24	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
200	24	0.00	8.25	11.65	14.85	19.05	23.35	25.15	-	-	-	-
250	24	0.00	9.00	13.6	17.00	22.30	26.00	-	-	-	-	-

格內數據表示水位上升的高度 (單位：cm)



圖四 水的體積與水位高度變化圖 ( )

## 5、結果討論：

- (1) 從水的體積與水位變化圖( )，可以看出 50、100 與 150ml 的水位變化很小，而 200 與 250ml 的水位變化十分明顯。可以發現不同體積的水隨著不同溫度而影響水位高度，我們推測或許是因為熱脹冷縮的原因，體積越大的水，膨脹的程度越大，造成水位高度越高，但是此項推測對於 50、100 與 150ml 的水位沒有變化卻無法解釋。
- (2) 實驗修正：此項研究是希望探討水的體積對水位高度的影響，雖然研究發現顯示水的體積與上升高度有關係，但是我們發現由於錐形瓶的體積是固定的，因此在本實驗中改變水的體積時，還改變了錐形瓶內氣體的體積，因此必須剔除氣體體積的變因。我們計畫直接觀察裝滿不同體積水的水位高

度變化，來檢驗此項推測「水是因為熱漲冷縮的原理而能夠上升至上壺中」是否成立。

#### (四) 實驗四：水的體積與水位高度變化關係 ( )

##### 1、設計想法：

由實驗三，我們發現水的體積會影響水位的高度，推測水的體積越大，則因熱漲冷縮，水膨脹而上升的高度越高。

##### 2、變項控制：

- (1) 控制變因：燒杯水的體積 (750ml)
- (2) 操縱變因：水的體積 (ml)
- (3) 應變變因：水位上升的高度



##### 3、實驗步驟：

- (1) 使用「虹吸式咖啡壺」隔水加熱修正裝置，在錐形瓶加入依序加入 327ml、328ml、329ml、330ml、331ml、332ml、333ml (以填滿錐形瓶而不超過薊頭漏斗口為範圍) 的水、燒杯中加入 750ml 的水。
- (2) 以附有薊頭漏斗與溫度計的雙孔橡皮塞緊錐形瓶瓶口，薊頭漏斗長管末端要盡量插到錐形瓶底部，溫度計的底端必須置放於錐形瓶的中央。
- (3) 將酒精燈點燃，置放三角架下，開始加熱，觀察並紀錄水面變化情形。

##### 4、研究結果：

表四 水的體積與水位高度表 ( )

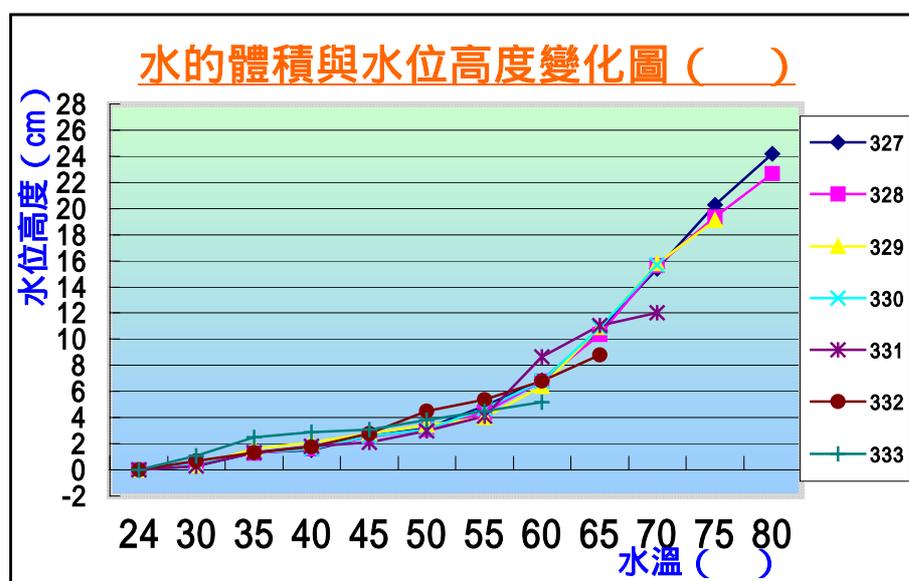
水溫 ( ) 水的體積 (ml)	初溫 24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
327	2.90	3.20	4.20	4.40	5.50	6.1	7.8	9.75	13.6	18.3	23.2	27.1
328	6.55	7.00	7.80	8.15	9.10	9.65	10.95	13.35	16.9	22.2	25.9	29.2 (80)
329	10.10	10.45	11.70	12.20	12.90	13.5	14.1	16.5	21	25.9	29.2 (75)	-
330	13.50	13.90	14.80	15.10	16.10	16.6	18.2	20.3	24.4	29.2 (68)	-	-
331	17.20	17.50	18.50	19.00	19.30	20.2	21.3	25.85	28.25	29.2 (71)	-	-
332	20.40	21.10	21.70	22.15	23.20	24.9	25.8	27.2	29.2 (63)	29.2	-	-
333	24.00	25.10	26.50	26.90	27.10	27.80	28.50	29.2 (57)	-	-	-	-

格內數據表示水位的高度 (單位：cm)

水的體積越大，則水位的高度越高，與原本假設符合，但是有可能是因為原始水位比較高的原因，我們將原始高度換算成水位變化差值來比較。

表五 水的體積與水位高度變化表 ( )

水溫 ( )	初溫	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
327	0.00	0.30	1.30	1.50	2.60	3.20	4.90	6.85	10.7	15.40	20.30	24.20
328	0.00	0.45	1.25	1.60	2.55	3.10	4.40	6.80	10.35	15.65	19.35	22.65
329	0.00	0.35	1.60	2.10	2.80	3.40	4.00	6.40	10.90	15.80	19.10	-
330	0.00	0.40	1.30	1.60	2.60	3.10	4.70	6.80	10.90	15.70	-	-
331	0.00	0.30	1.30	1.80	2.10	3.00	4.10	8.65	11.05	12.00	-	-
332	0.00	0.70	1.30	1.75	2.80	4.50	5.40	6.80	8.80	-	-	-
333	0.00	1.10	2.50	2.90	3.10	3.80	4.50	5.20	-	-	-	-
平均 1ml 每 1 上升	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07



圖五 水的體積與水位高度變化圖 ( )

### 5、結果討論：

- (1) 從水的體積與水位高度關係圖 ( )，可以發現溫度越高，水位的高度越高，圖形近似正比，與水的熱漲冷縮現象符合。但是由於水的體積差距不大，因此造成膨脹的差異也不大
- (2) 但是把圖五與圖四作比較，我們可以發現 200ml 與 250ml 的水在約 50~55 達到頂點，而 330ml 在約 70 達到頂點，由此看來 200ml 與 250ml 的水變化較大，此點與水體積的熱漲冷縮原理所說的「體積越大，膨脹越大」相違背。而且水

體積的膨脹不只是往薊頭漏斗膨脹，也會在錐形瓶膨脹，應該無法像虹吸管咖啡壺一樣讓所有的水騰空上至上壺，因此綜合實驗三與實驗四，雖然水體積的熱漲冷縮對水位的高度有影響，但是並非完全由水的體積決定，應該也與氣體的體積有關係。

## **(五) 實驗五：縮短實驗時間的改良實驗**

### **1、設計想法：**

在實驗過程中，我們先以平常水溫進行一次實驗，發現加熱的時間非常長（約 40 分鐘），便思考如何節省實驗的時間，我們討論出兩種方法：（1）將隔水加熱的燒杯中的水 750ml 改為 600ml，燒杯的水減少應該溫度會上升的更快；（2）將已加熱過的顏料水冷卻至 28 後接著進行下一個實驗，可以減去從初溫 23 加熱至 28 的時間。我們嘗試以這兩種方法進行改進實驗，卻發現水位的變化變得很小，我們認為此項發現或許與水位上升的原理有關，值得進一步探討。

### **2、變項控制：**

- （1）控制變因：顏料水的溫度、燒杯的水量
- （2）操縱變因：溫度
- （3）應變變因：水上升的高度

### **3、實驗步驟：**

- （1）使用「虹吸式咖啡壺」隔水加熱修正裝置，錐形瓶加入 200ml 的水、燒杯中加入 600ml 的水
- （2）以附有薊頭漏斗與溫度計的雙孔橡皮塞緊錐形瓶瓶口，薊頭漏斗長管末端要盡量插到錐形瓶底部，溫度計的底端必須置放於水的中央。
- （3）將酒精燈點燃，置放三角架下，開始加熱，觀察並紀錄水面高度變化情形。
- （4）將燒杯中的水換成冷水 750ml，將已加熱過顏料水與未加熱的水混合，並放進燒杯中冷卻，等到溫度降到 28 ，錐形瓶內水的體積分別為 50、100、150、200 與 250ml，重複實驗步驟（2）~（3）。

#### 4、研究結果：

(1) 將隔水加熱的燒杯中的水 750ml 改為 600ml

表六 水的體積與水位高度 (燒杯水 600ml)

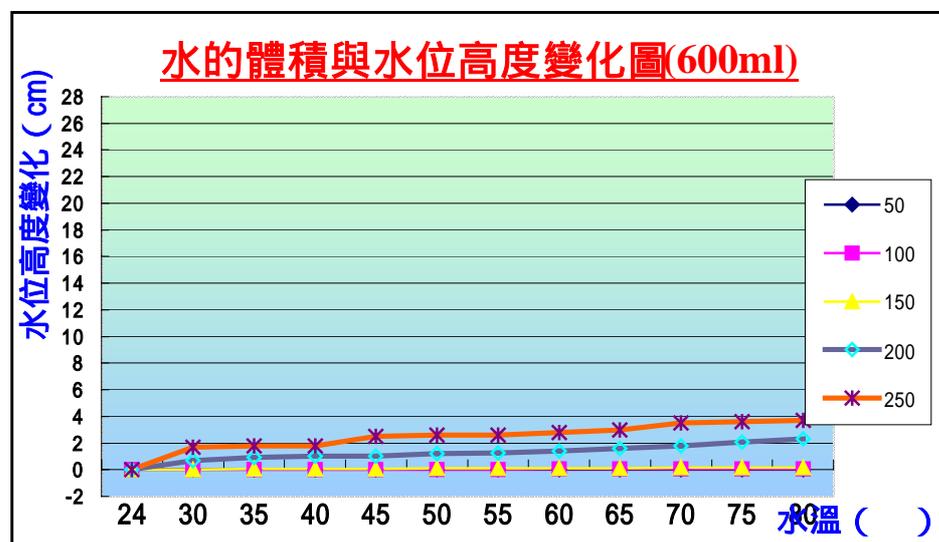
水溫 ( ) 水的體積 (ml)	初溫 24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
100	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
150	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85
200	3.50	4.20	4.40	4.50	4.50	4.70	4.75	4.90	5.10	5.30	5.55	5.80
250	3.10	4.80	4.90	4.90	5.60	5.70	5.70	5.90	6.10	6.60	6.70	6.80

格內數據表示水位的高度 (單位：cm)

表七 水的體積與水位高度變化 (燒杯水 600ml)

水溫 ( ) 水的體積 (ml)	初溫 24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
150	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15
200	0.00	0.70	0.90	1.00	1.00	1.20	1.25	1.40	1.60	1.80	2.05	2.30
250	0.00	1.70	1.80	1.80	2.50	2.60	2.60	2.80	3.00	3.50	3.60	3.70

格內數據表示水上升的高度 (單位：cm)



圖六 水的體積與水位高度變化圖 (燒杯水 600ml)

(2) 將已加熱過的顏料水冷卻至 28 後進行實驗

表八 冷卻水體積與水位高度數據 (燒杯水 750ml)

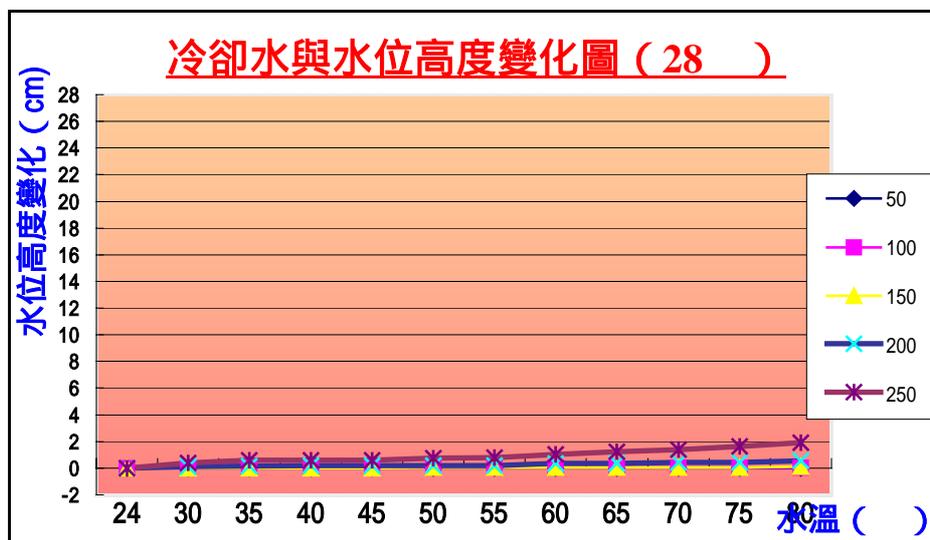
水溫 ( ) 水的體積 (ml)	初溫 28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
100	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
150	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.80
200	3.80	3.90	3.95	4.00	4.00	4.00	4.00	4.15	4.15	4.25	4.25	4.35
250	5.80	6.20	6.40	6.40	6.40	6.55	6.60	6.85	7.05	7.20	7.45	7.70

格內數據表示水位的高度 (單位: cm)

表九 冷卻水體積與水位高度變化數據 (燒杯水 750ml)

水溫 ( ) 水的體積 (ml)	初溫 28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10
200	0.00	0.10	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.35	0.35	0.45	0.45	0.55
250	0.00	0.40	0.60	0.60	0.60	0.75	0.80	1.05	1.25	1.40	1.65	1.90

格內數據表示水上升的高度 (單位: cm)



圖七 水的體積與水位高度變化圖 (28 )

## 5、結果討論：

- (1) 比較燒杯水是 750ml 與 600ml 所呈現的數據，可以發現 750ml 的變化較大，600ml 的水幾乎沒有什麼變化，只有在 200ml 與 250ml 時的變化比較明顯。
- (2) 比較冷水與已加熱過的水所呈現的數據，可以發現冷水的變化較大，已加熱過的水幾乎沒有什麼變化，只有在 200ml 與 250ml 時的變化比較明顯。而比較改變燒杯水的體積與使用已加熱過的水的影響，發現已加熱過的水的水位變化遠小於 600ml 的燒杯水。
- (3) 我們嘗試以這兩種方法進行改進實驗，卻發現水位的變化變得很小，我們認為此項發現與實驗四所提到的氣體因素有關。由於 600ml 的水無法完全覆蓋錐形瓶，因此造成氣體的溫度降低，或是讓已加熱的氣體接觸較冷的空氣而冷卻，因此水位變化不如完全覆蓋的 750ml 燒杯水。另外，根據我們在理化課本第一冊 1-3 水溶液所學到的「氣體不容易溶解在高溫的水中」推測，已加熱過的水讓水中的氣體釋放出來，再次進行實驗時，水中含有的氣體釋放出來的量變少，因此造成可以膨脹的氣體變少，水位的變化高度便變小。此點推論也可以解釋在實驗二所測量到在 24~30 水位突然升高的現象，是因為水中的氣體釋放出來所造成的。

## (六) 實驗六：蒸氣壓與水位高度實驗

### 1、設計想法：

我們注意到在加熱過程中，一直有水氣產生，因此氣體的量並非固定，除了原先氣體受熱膨脹所產生的壓力外，應該也有液體汽化產生的蒸汽壓。到底哪一個是影響低溫時的水位高度變化的主要原因呢？我們先利用加熱讓瓶中與水中的氣體逸出錐形瓶，再塞緊瓶塞，測量液體產生的蒸汽所造成的高度來測量蒸汽壓。

### 2、變項控制：

- (1) 控制變因：水的體積（200ml）、燒杯水體積（750ml）
- (2) 操縱變因：溫度
- (3) 應變變因：水位高度

### 3、實驗步驟：

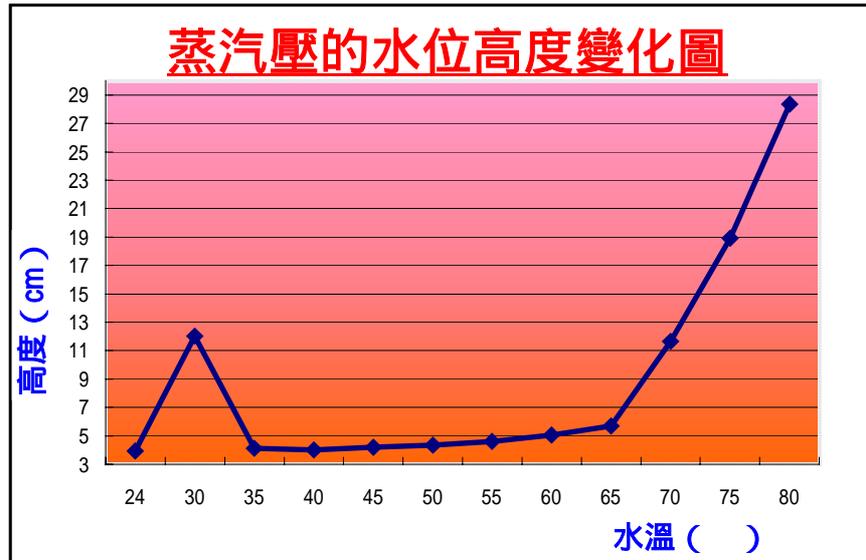
- (1) 使用「虹吸式咖啡壺」隔水加熱修正裝置，錐形瓶加入 200ml 的水、燒杯中加入 750ml 的水
- (2) 以附有薊頭漏斗與溫度計的雙孔橡皮塞緊錐形瓶瓶口，薊頭漏斗長管末端要盡量插到錐形瓶底部，溫度計的底端必須置放於水的中央。
- (3) 將酒精燈點燃，置放三角架下，開始加熱，在溫度到達 30 之後，將軟木塞拔掉，等加熱到 35 之後，再塞緊瓶塞，觀察並紀錄水面高度變化情形。
- (4) 依實驗步驟 (1) ~ (3) 重複測量十次。

### 4、研究結果：

#### (1) 蒸汽壓的水位高度

表十 蒸汽壓的水位高度表

水溫 ( ) 實驗 次數 (次)	初溫											
	24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	3.45	10.30	4.40	4.40	4.10	4.35	4.40	4.70	5.25	10.20	19.20	28.50
2	4.30	11.90	3.80	4.10	4.50	4.40	4.55	4.90	5.70	10.80	17.70	28.10
3	4.05	12.30	4.10	4.05	4.60	4.00	4.20	4.50	5.35	12.35	20.10	29.20
4	3.30	12.80	4.25	3.30	3.60	3.80	5.20	5.60	6.20	12.00	19.30	28.90
5	3.70	12.40	4.60	4.10	3.70	4.20	4.25	5.45	5.90	11.30	18.80	27.40
6	4.10	11.30	4.10	4.00	4.05	4.20	4.30	4.50	5.40	12.35	18.70	28.10
7	4.00	12.35	4.80	3.80	4.25	4.20	4.05	4.60	5.10	10.30	19.10	28.50
8	3.80	12.00	3.70	4.00	4.60	5.20	5.50	5.90	6.30	11.90	17.80	29.20
9	4.55	12.30	4.05	4.25	4.30	4.50	4.60	5.20	5.80	12.80	20.25	26.90
10	4.20	12.70	3.30	3.90	4.20	4.60	4.90	5.40	6.05	12.40	18.10	28.70
<b>平均值</b>	3.95	12.04	4.11	4.00	4.19	4.35	4.60	5.08	5.71	11.64	18.91	28.35
<b>高度變化</b>	0.00	8.09	0.17	0.05	0.25	0.40	0.65	1.13	1.76	7.70	14.96	24.41



圖八 蒸汽壓的水位變化圖

## (2) 比較各項影響水位高度的因素

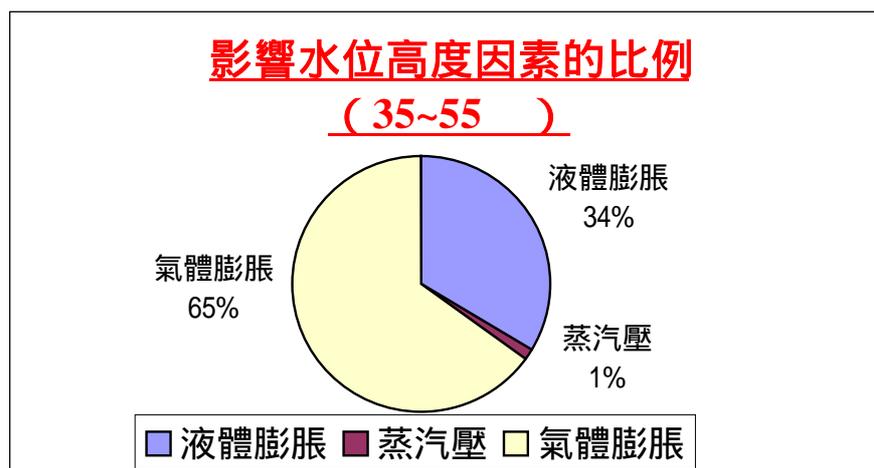
我們以所有因素（實驗二）、液體膨脹（實驗三）以及蒸汽壓（實驗六）所測得的高度變化數據進行比較。

表十一 各項因素的水位高度變化比較表

水溫 ( ) 因素	初溫 24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
所有因素	0.00	8.21	11.76	15.5	19.18	23.22	25.12	-	-	-	-	-
液體膨脹 (註1)	0.00	0.31	3.94	4.61	5.50	6.41	7.53	9.31	6.34	9.06	11.94	14.31
蒸汽壓	0.00	8.09	0.17	0.05	0.25	0.40	0.65	1.13	1.76	7.70	14.96	24.41
氣體膨脹 (註2)			7.65	10.84	13.43	16.40	16.94					

註1：因為液體膨脹應該與體積成正比，因此液體膨脹的數據乃是根據實驗四所測得的平均 1ml 每 1 上升的數據乘以 200ml 所得。

註2：因為一般情況下，水位高度變化受到液體膨脹、蒸汽壓與氣體膨脹的影響，因此我們利用「一般情況水位 - 液體膨脹 - 蒸汽壓 = 氣體膨脹」來計算。



圖九 影響水位高度因素的比例

## 5、結果討論：

- (1) 從蒸汽壓的水位高度變化圖，我們可以發現在 30 拔掉軟木塞後，水位便急速下降，之後雖然有點起伏，但大致維持平穩的高度，一直到 55~60 才開始升高，此點與實驗一所觀察到 60 有水滴凝結相符，表示此時蒸汽達到飽和，蒸汽壓越來越大。
- (2) 從圖九的比例中，我們可以發現在低溫 ( 35~55 ) 時，氣體膨脹所佔的比例非常的大 ( 65 % )，而蒸汽壓所佔比例很小 ( 1 % )。但是，我們從表十一中可以看出隨著溫度的升高 ( 60~80 )，液體膨脹與蒸汽壓的比例從 9.13 : 1.13 ( 60 ) 變成 14.31 : 24.41 ( 80 )，由此可知溫度越高，蒸汽壓的作用所佔比例越大。
- (3) 實驗修正：我們發現在幾組數據中都顯示 35~40 有下降的變化，或許是因為瓶中仍殘留部分氣體，因為壓力提高，增加溶解度，所以部分氣體又溶解進入液體中，因此 35~40 的水位才會下降。由此點可知因為液體的關係造成誤差，我們進一步思考是否能直接測量氣體膨脹的力量呢？

## (七) 實驗七：壓力、體積與溫度關係的初步實驗

### 1、設計想法：

在探討過程中，我們發現水位上升跟氣體膨脹的關係十分密切，本實驗裝置不僅可以探討虹吸式咖啡壺原理，並可以參考理化課本『實驗 5-1 水的膨脹和收縮』，我們想到是否可以利



用此實驗裝置直接測量氣體膨脹的力量，甚至進一步探討壓力、體積與溫度的關係，因此我們想到可以進行三種實驗：

(1) 體積與溫度的關係：

控制壓力變因(氣體壓力 = 大氣壓力 + 水滴的重量)，加熱錐形瓶中的空氣，以水滴作為標記，來測量不同溫度的水滴高度變化，即可以換算成不同溫度的氣體體積，可以測量體積與溫度的關係。

(2) 壓力與溫度的關係：

先紀錄初溫的水位底端位置，溫度上升後，可以加入水滴使水位的底點維持原高度(使氣體體積維持一定)，測量水柱的高度(氣體壓力 = 大氣壓力 + 水柱的重量)，即可測量壓力與溫度的關係。

(3) 壓力與體積的關係：

在上理化課時，老師曾利用氣球來展示壓力會造成體積變小，但是壓力與體積之間的關係是否成反比關係？我們想到在常溫下，加入水滴使氣體體積壓縮，即可測量壓力與體積的關係。

## 2、研究發現：

我們以此實驗裝置進行初步探討壓力、體積與溫度的實驗，得到一些發現與需要克服的問題：

(1) 體積與溫度的關係：以薊頭漏斗進行實驗，發現水滴會被氣體衝破，在原位置跳動，可能是因為管徑太大，我們改用細玻璃管，發現隨著溫度升高，水滴便上升。另外，塞入軟木塞時，會造成水滴因為氣體的擠壓而突然升高，必須小心的塞緊。



(2) 壓力與溫度的關係：我們以手握緊錐形瓶，便可以發現水滴有上升現象，進行隔水加熱，發現水滴快速噴出細玻璃管。加入水滴使細玻璃管中的水柱越大，發現溫度越高所能支撐的水柱越長。

(3) 壓力與體積的關係：我們以滴管在細玻璃管中慢慢加入水滴，發現水柱越長，水柱的高度越低。

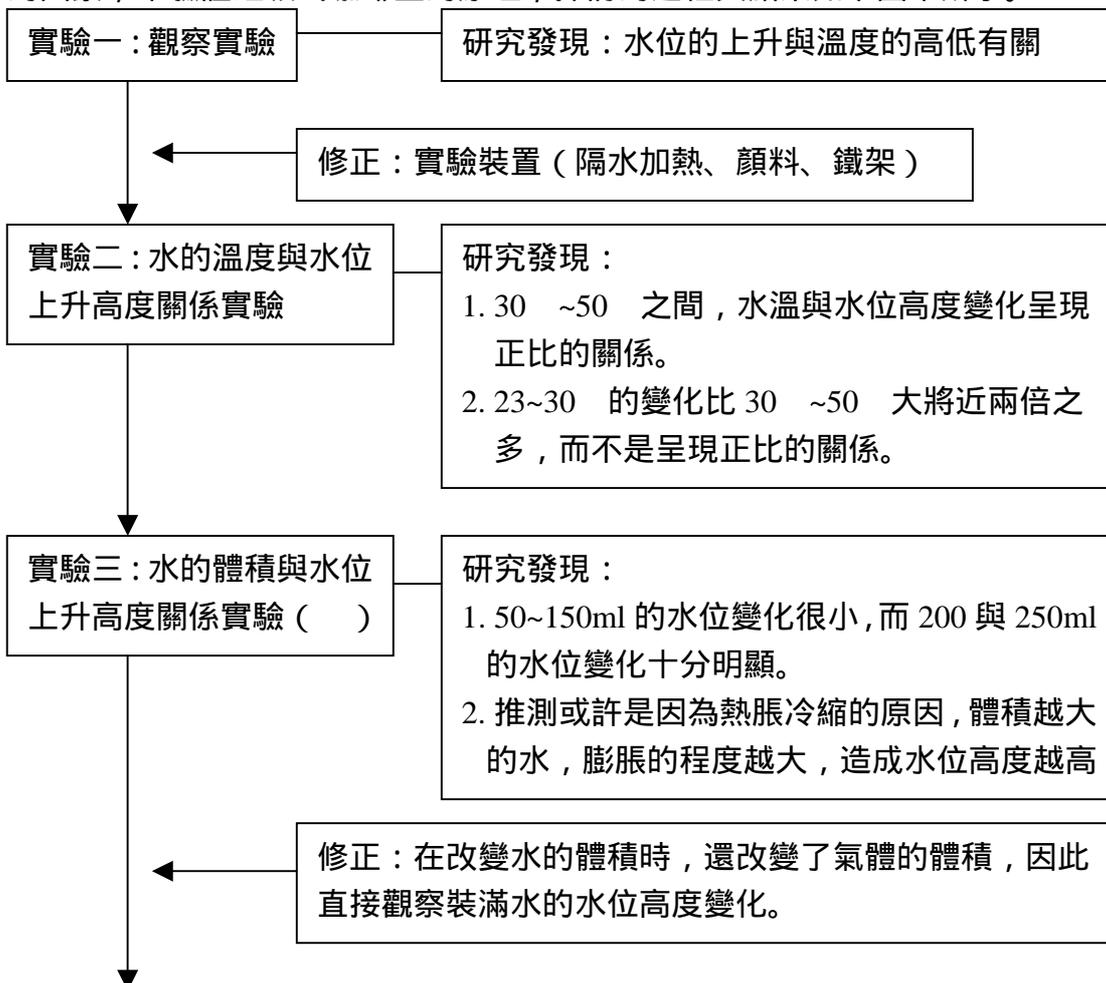
### 3、結果討論：

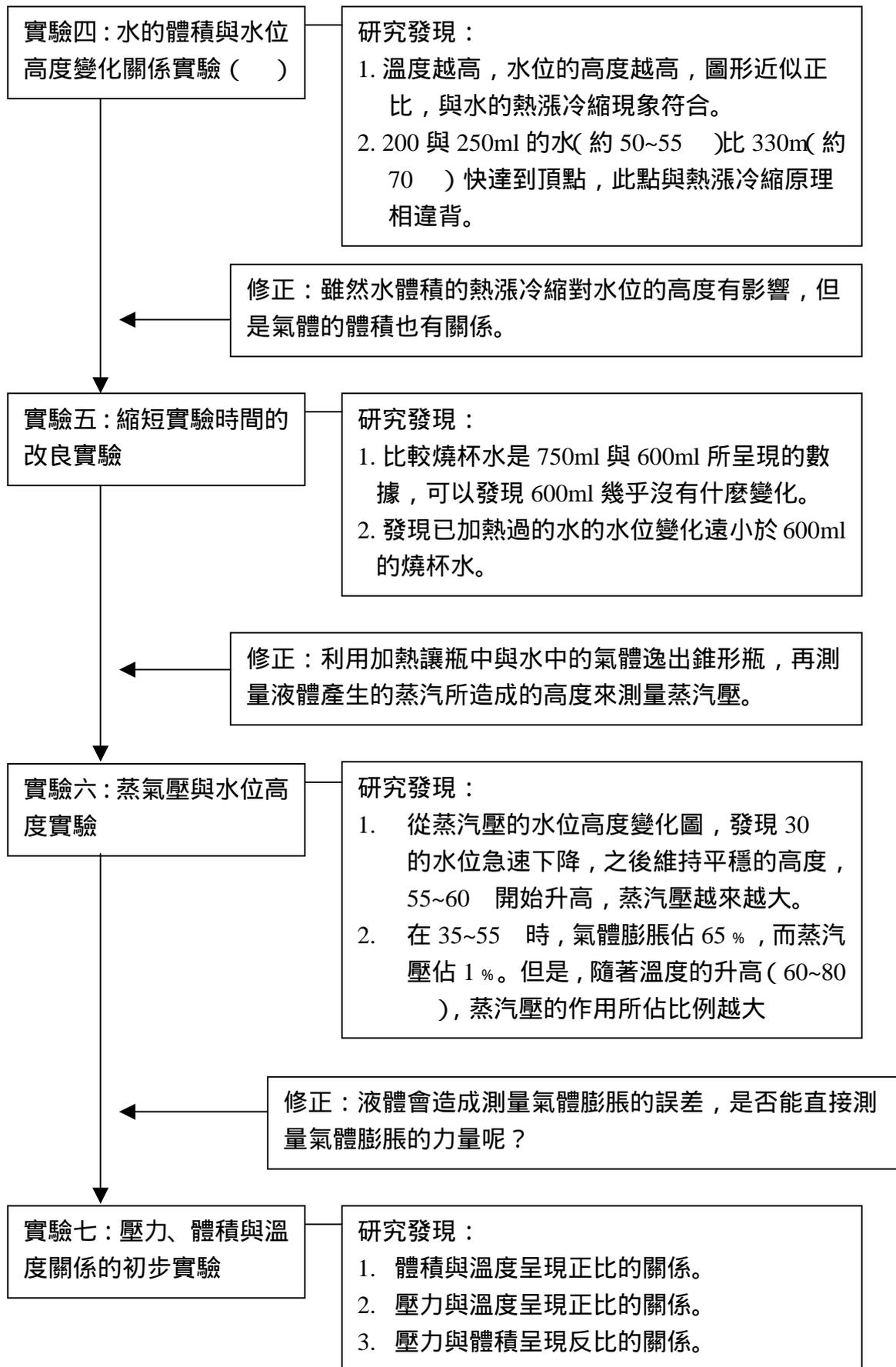
- (1) 體積與溫度的關係：以手握緊或以隔水加熱法對錐形瓶加熱，發現水滴有上升現象，這表示氣體體積增加，由此可知隨著溫度升高，氣體體積也越大，兩者呈現正比關係。而且氣體對於溫度十分敏感，建議以較長的管子或是使用密度較大的液體來進行實驗。
- (2) 壓力與溫度的關係：由加入的水柱隨著溫度升高而增長，這表示氣體的壓力越來越大，由此可知壓力與溫度呈現正比的關係。但是，在滴入水滴的時候，必須慢慢沿著管壁加入水滴，避免原先的水滴與新滴進去的水滴之間有氣體。
- (3) 壓力與體積的關係：由水柱越長，水柱的高度隨著下降，代表錐形瓶內的氣體體積受到擠壓，由此可知水柱越長（壓力越大），氣體的體積越小，壓力與體積呈現反比關係。



## 五、研究結果討論

1、在本研究中，我們主要是利用實驗與討論的方式，探討影響錐形瓶水位上升的因素，來驗證虹吸式咖啡壺的原理，探討的過程與結果如下圖十所示。





圖十 實驗流程與結果圖

2、從研究結果中，我們可以歸納影響水位上升的因素有以下幾點：

- (1) 溫度：溫度越高，水位的高度越高，溫度與水位高度變化成近似正比的關係。
- (2) 含氧量：未加熱過的水，水中溶解的氣體較多。加熱後，氣體釋放出來，水位高度變化較明顯。
- (3) 體積：
  - ①液體體積：液體體積越大，受熱膨脹的變化越大，水位的高度越高。液體體積越大，釋放出來的溶解氣體越多，氣體膨脹越大。
  - ②氣體體積：液體體積越大，相對的錐形瓶剩餘的空間越小，因此氣體填充在空間中產生的壓力越大。

3、從實驗結果中，我們可以發現虹吸式咖啡壺主要是利用液體膨脹、氣體膨脹與蒸汽壓三種原理來使水位上升：

- (1) 液體膨脹：液體隨著溫度升高而膨脹，造成水位升高，但是無法騰空上至上壺，必須藉助氣體壓力的擠壓。
- (2) 氣體膨脹：剛加熱時，液體中的氣體跑出來，使水位突增，之後隨著溫度升高，氣體膨脹與溫度呈現正比關係。
- (3) 蒸汽壓：隨著溫度的升高，部分液體汽化成氣體，填充上方空間，形成壓力。在低溫時，因為汽化的液體較少，影響較小；當溫度升高時，液體急速汽化，影響較大，一般煮咖啡時以熱水進行加溫，即是利用這種原理。

4、綜合以上的發現，我們可以瞭解在煮咖啡過程中咖啡的變化情形，以及煮完後，以冷布包住下壺，急速下降的情形：

- (1) 24~30：水中溶解的氣體釋放出來，造成水位突增。
- (2) 30~55：液體與氣體隨溫度升高而膨脹，造成水位升高，其中液體汽化成氣體所形成的蒸汽壓影響較小。
- (3) 60~80：溫度升高，越接近沸點，液體急速汽化，蒸汽壓突增，影響變大，使水位急速升高。
- (4) 冷卻：等待所有液體上至上壺，以冷布包住下面的空壺，此時氣體急速冷卻，壓力變小，上壺的液體重量與大氣壓力使咖啡下降。這種利用壓力差使液體朝同一方向運動，之後液體即具有朝同一方向運動的現象，即稱為「虹吸原理」。



## 六、結論與展望

- (1) 本研究以模擬虹吸式咖啡壺的實驗裝置來探討水位上升的原理，發現主要是液體膨脹、氣體膨脹與蒸汽壓造成水位上升，而且藉由比較數據發現在一般溫度（30~55）時，蒸汽壓的影響較小，但是隨著溫度升高，蒸汽壓的作用越大。由於隔水加熱難以加熱至沸騰，無法測量沸點的蒸汽壓，建議可以使用火力較大的電磁爐來加熱，應該可以使錐形瓶水溫達到沸點。
- (2) 咖啡壺的奇特現象引起我們探討的動機，模擬虹吸式咖啡壺所設計的實驗裝置主要來自實驗室的實驗器材，而且在探討過程中可以應用上學期學過的理化知識（應用的知識與理化課本的連結如表十二所示）。因此，我們認為此實驗應該適合於理化課教完 6-6 後的探究實驗，讓我們再一次複習這學期所學的理化知識。

表十二 應用的知識與理化課本的關聯表

知識	第一冊理化相關單元
實驗測量	緒論 - 實驗一 簡易測量
蒸汽	1-1 水的三態
水中溶解的氣體	1-3 水溶液
實驗裝置	實驗 2-1 氧
實驗內容與設計	實驗 5-1 水的膨脹和收縮
	6-1 力是什麼
	6-6 壓力

- (4) 理化課本第六章第六節提到氣體的壓力很大（要十六匹馬來拉），但是日常生活中，我們並沒有感覺到氣體壓力的大小，究竟氣體的壓力有多大呢？藉由實驗七的初步實驗，我們發現平常感覺不到的氣體壓力是這麼大，光是體溫就可以讓水滴噴出來，這真是太神奇了！藉由自製實驗裝成功探討虹吸式咖啡壺水位上升原理後，我們進一步應用於測量氣體壓力、體積與溫度的關係，實驗結果顯示壓力（P）、體積（V）與溫度（T）具有 P . V 與 T 成正比的關係。



## 七、參考資料

方聲恆等譯 (1970) 物理實驗大全, (日)池本義夫主編。臺北市:徐氏基金會。

朱達勇等人譯 (1992) 普通物理學 ( ), Harris Benson 原著。台北市:歐亞書局。

國立編譯館 (2001) 國民中學理化教科書第一冊。中華民國八十八年八月正式本初版。

周建和 (1998) 擎天水柱-大氣壓力。國立高雄師範大學:物理教學藝術與教具研究實驗室。

<http://140.127.79.16/~adept/street/87/87-8.htm>

上網瀏覽日期:2002/2/1

氣體體積與溫度的關係 <http://topia.yam.com/home/iamilp/pages/chem.15.htm> 上網瀏

覽日期:2002/2/2

楊水平和李成康策劃 (2000) 超能力大師 II -- 自己膨脹的氣球

<http://pckchem.ncue.edu.tw/laboratory/chemdemo/85/8524012/超能力大師>

[%20II%20--%20自己膨脹的汽球.htm](http://pckchem.ncue.edu.tw/laboratory/chemdemo/85/8524012/超能力大師) 上網瀏覽日期:2002/2/2

煮咖啡的溫度 - 討論篇 上網瀏覽日期:2002/2/4

<http://bbs.ee.ntu.edu.tw/boards/Coffee/4/3.html>

溶液的蒸氣壓 上網瀏覽日期:2002/3/1

[http://content.edu.tw/senior/chemistry/tp\\_sc/content1/number1/5/5-3.htm](http://content.edu.tw/senior/chemistry/tp_sc/content1/number1/5/5-3.htm)

水的物理性質 上網瀏覽日期:2002/3/1

<http://www.geos.ntnu.edu.tw/sea/sea91/1/quality.htm>