

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

佳作

081531

無憂無「氯」

學校名稱：臺中市北屯區陳平國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳鉉霖	王瓏真
小六 鄭博鴻	周冠廷
小六 馬季涵	
小六 陳奕丞	
小六 陳暄雅	
小六 廖亮因	

關鍵詞： 餘氯、自來水

## 摘要

本研究是因網路新聞報導自來水中的餘氯含量會影響人體健康，引起我們去探究影響自來水中的餘氯含量的因素，發現水中的餘氯可以經由長時間靜置、曝曬或加熱去除，另外，加入活性碳、麥飯石、米、竹碳及陶瓷環等物質也能有效去除餘氯，於是我們利用這些物質，製作簡易的除餘氯裝置，有效的去除水中的餘氯。

## 壹、研究動機

從網路新聞發現，洗澡洗太久，人體會吸收過多的氯，造成膀胱癌、心臟疾病、動脈硬化、貧血症、高血壓…等疾病，看到這則新聞，我們想平常使用的自來水，因為消毒的關係，一定含有餘氯，所以只要使用自來水，對我們的健康就可能有傷害，所以我們希望找出除餘氯的方法，並希望能製做出可以除餘氯的簡易濾水裝置。

## 貳、研究目的

- 一、測量家中和學校各個地方自來水的餘氯含量。
- 二、探討哪些變因可以影響餘氯含量。
- 三、製作可以除餘氯的簡易濾水裝置

## 參、研究設備與器材

- 一、餘氯檢測器、藥劑、攪拌棒、餘氯測定液、1 公升量杯、2 個 20 毫公升量杯、蒸餾水
- 二、酒精燈、100 毫升燒杯、250 毫升燒杯、500 毫升燒杯、1000 毫升燒杯、打火機
- 三、固體物質(石頭、活性碳、竹碳、麥飯石、陶瓷環、塑膠棒、鋁片、樹葉、茶葉渣、米)
- 四、食鹽、小蘇打、硼酸、明礬、檸檬酸
- 五、電子天平、碼錶、酸鹼測定儀、攪拌棒
- 六、寶特瓶空瓶、濾網、茶包袋、水管

## 肆、研究方法及過程

### 一、研究方法

#### (一)測量餘氯含量的方法

實驗過程中，我們測量自來水中的餘氯含量，均以餘氯檢測器做為量測的工具，操作的步驟如下：

- (1) 以檢測杯取水 20ml，加入藥劑，搗碎使其溶入水中。
- (2) 把餘氯檢測器放入水中，左右轉動，靜置 2 分鐘，等待數值出現。
- (3) 同一瓶測試兩次，取第二次數值。
- (4) 以蒸餾水清潔餘氯檢測器及檢測杯後，再做下一組實驗。

### 操作步驟

				
1.取水+藥劑	2.搗碎使溶入餘其中	3.把餘氯檢測器放入水轉動	4.靜置等待數值	5.以蒸餾水清潔

圖一：餘氯檢測器的步驟

### (二)實驗操作步驟

1. 先裝滿 1000ml 自來水，爲了避免浪費，將水到在水龍頭旁的花台，接著用寶特瓶裝滿 1000ml 的自來水，並旋緊蓋子，帶回實驗處，如圖二。

			
1.燒杯裝 1000ml 水	2.倒掉澆花	3.裝 1000ml 的寶特瓶	4.蓋上蓋子旋緊

圖二：取水的步驟

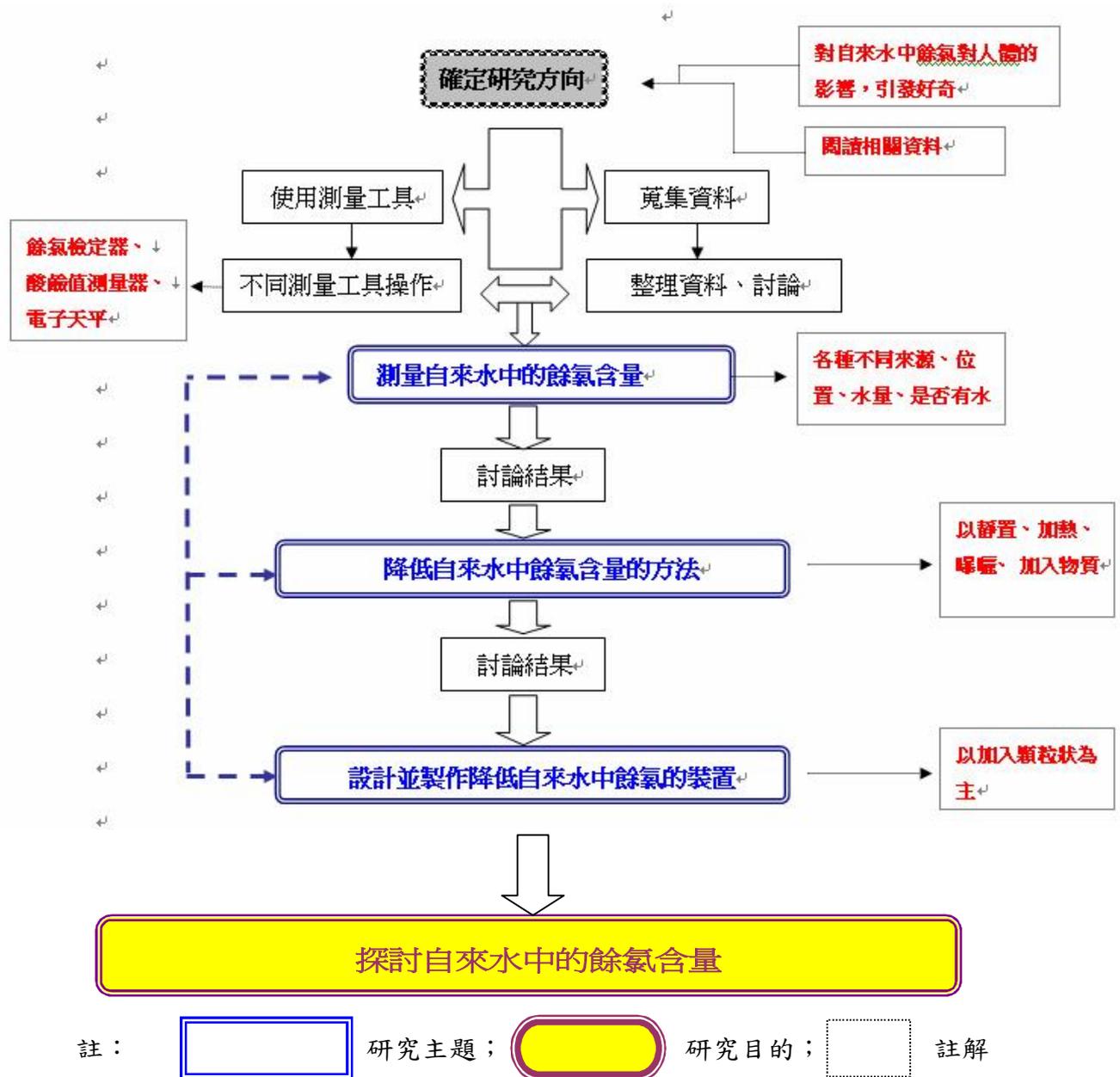
2. 測量並紀錄這一杯餘氯含量，作爲對照組。
3. 將取回剩餘的自來水，依據實驗設計，做不同的處理後，再測量並紀錄餘氯含量。
4. 餘氯檢測器在每一次實驗操作之前，先以蒸餾水清洗並進行蒸餾水檢測，讓檢測器歸零以校正檢測器，確認實驗的數據，減少實驗誤差。

## 二、研究過程

主題一：測量餘氯含量。

主題二：降低自來水中餘氯含量的方法。

主題三：設計出可以降低餘氯含量的簡易裝置。



圖三：研究概念架構圖

## 伍、 實驗結果

### 研究一：自來水的餘氯測量

#### (一)閱讀相關資料

##### ■ 結果與討論

- (1) 自河川取水後，自來水廠通常經過下列幾道淨化程序：沈降、凝聚、過濾、消毒、除臭。
- (2) 在消毒這一道手續是利用水中氯氣濃度達 0.2~1.0 ppm 有殺菌的效果，所以在水中通入氯氣，作用方式是抑制或破壞細菌中酵素的活性，使酵素失去活性導致細菌

死亡。

- (3) 餘氯量：處理過的水從自來水廠輸出後，爲了確保輸送過程中仍具有消毒能力，所以在自來水中保持適量的氯，稱爲餘氯量。

## (二)實驗 1：不同段的自來水，餘氯含量相同嗎？

- 實驗內容：選擇同一個水龍頭，取不同段的水【前(水龍頭一打開)、中(水放掉 1000ml)、後段水(水放掉 5000ml)，各取 100ml。】分別測量其餘氯含量。

- 實驗結果：

	前段水	中段水	後段水
餘氯含量 (ppm)	0.21	0.32	0.35

表一：同一水龍頭，不同段的自來水的餘氯含量

- 結果與討論：

- (1) 發現前段自來水的餘氯含量低於中、後段的自來水 0.11ppm 以上，可能是前段自來水與空氣接觸時間較久，氯可以揮發掉。
- (2) 所以，我們決定之後的實驗，均以中段水做實驗。

## (三)實驗 2：不同地點的自來水，餘氯含量相同嗎？

- ◎實驗 2~1：相同時間，學校不同地點的餘氯含量相同嗎？

- 實驗內容：在學校的不同地點，取各水龍頭打開後的中段水，測量其餘氯含量。

- 實驗結果：

單位：ppm

檢測地點	餘氯含量	檢測地點	餘氯含量
A 棟一樓辦公室前	0.41*	B 棟一樓右廁	0.12
A 棟一樓左邊廁所	0.12	B 棟一樓左廁	0.13
A 棟一樓總務處廁所	0.38*	B 棟一樓一年二班	0.29
A 棟三樓右邊廁所	0.24	B 棟三樓右廁	0.16
A 棟三樓左廁	0.24	B 棟三樓左廁	0.23
A 棟三樓四年五班	0.27	B 棟三樓三年八班	0.38*
A 棟五樓右廁	0.12	A 棟五樓左廁	0.13

\*表餘氯量超出.3之地點

表二：學校不同地點的洗手台，測出的自來水的餘氯含量

- 結果與討論

- (1) 不同地點的餘氯含量是不同的，其中以一樓教務處前洗手台的水龍頭，餘氯含量

最高，而 A、B 棟一樓及五樓廁所前的洗手台的水龍頭，餘氯含量最低。

- (2) 同一棟樓，從同一個水塔下來的水，餘氯含量仍不同，可能與管線新舊或長短有關，仍待進一步研究。
- (3) 辦公室前的餘氯含量較高，因此，我們決定後續實驗中，就以辦公室前的自來水做為取水的樣本。

#### ◎實驗 2~2：同一地點的自來水，不同水龍頭，餘氯含量相同嗎？

■ 實驗內容：選擇一個洗手台的 4 個不同水龍頭做測量。

■ 實驗結果：

	A 水龍頭	B 水龍頭	C 水龍頭	D 水龍頭
餘氯含量 (ppm)	0.27	0.20	0.31	0.29

表三：同一地點的自來水，不同水龍頭，測量出的餘氯含量

■ 結果與討論

不同水龍頭的餘氯含量是不同的，B 水龍頭較低，而 B 水龍頭正好是省水水龍頭，我們猜測餘氯含量與出水量較慢、較少有關，所以我們著手進行下一個實驗。

#### ◎實驗 2-3：同一個水龍頭出水量不同，餘氯含量相同嗎？

■ 實驗內容：選擇一個洗手台的 C 水龍頭，將水龍頭轉半圈、一圈、二圈及轉到盡頭做測量。

■ 實驗結果：

	半圈	一圈	二圈	盡頭
餘氯含量 (ppm)	0.25	0.30	0.32	0.33

表四：同一地點的自來水，不同水龍頭，測量出的餘氯含量

■ 結果與討論

同一個水龍頭，出水量不同，餘氯含量的確是不同，出水量小，餘氯含量低，而出水量大，餘氯含量高，但二圈以上並沒有很大的差異，僅差距 0.01ppm。

#### (四)實驗 3：自來水是否經過水塔，餘氯含量相同嗎？

■ 實驗內容：請每一位同學，從家中(並確認家中是否有水塔)取中段水 1000ml，放在寶特瓶中鎖緊，帶至學校，測量餘氯含量。

■ 實驗結果：

	A 同學家	B 同學家	C 同學家	D 同學家	E 同學家	F 同學家
是否有水塔	無	有	有	有	有	無
餘氯含量 (ppm)	0.47	0.24	0.15	0.19	0.32	0.43

表五：不同同學家自來水的餘氯含量

■ 結果與討論

- (1) 沒有水塔的 A、F 同學家餘氯含量都超過 0.40ppm 以上，有水塔的 B、C、D、E 同學家，除了 E 同學家，其餘同學家餘氯含量均比沒有水塔的 A、F 同學家低了近一半。

## 研究二：哪些變因可以影響自來水中的氯含量

### (一)實驗 4：靜置的時間愈久，餘氯含量會愈低嗎？

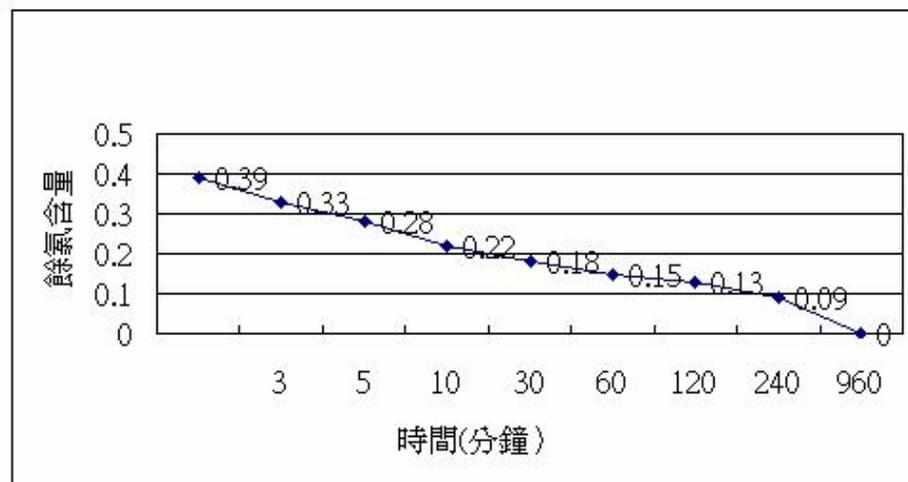
- **實驗內容：**將取回的水，分別到入 100ml 的燒杯中，靜置 3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘、30 分鐘、60 分鐘、120 分鐘、240 分鐘、960 分鐘，分別測量餘氯含量。

- **實驗結果：**

單位：ppm

時間	對照組	實驗組							
		3 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	30 分鐘	60 分鐘	120 分鐘	240 分鐘	960 分鐘
餘氯含量	0.39	0.33	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.09	0.00

表六：靜置不同時間後的自來水之餘氯含量



圖四：靜置不同時間後的自來水之餘氯含量圖

- **結果與討論：**

- (1) 隨著時間的增多，自來水中的餘氯含量會降低。
- (2) 若能靜置 240 分鐘(4 小時)以上，餘氯幾乎都可以揮發掉。

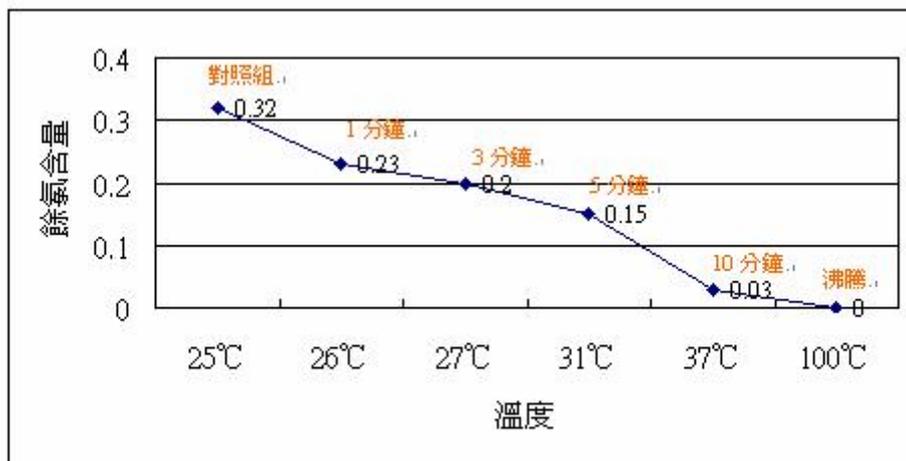
### (三)實驗 5：溫度愈高，餘氯含量會愈低嗎？

- **實驗內容：**將取回的水裝在 1000ml 的燒杯中，以酒精燈加熱，加熱時間分別為 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘直至沸騰，分別取 20ml 測量其溫度及餘氯含量。

- **實驗結果：**

	對照組	實驗組				
		1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	沸騰
溫度	25°C	26°C	27°C	31°C	37°C	100°C
餘氯含量	0.32	0.23	0.20	0.15	0.03	0.00

表七：加熱不同時間，自來水中的溫度變化及餘氯含量



圖五：加熱不同時間，自來水中的溫度及餘氯變化圖

#### ■ 結果與討論

餘氯含量會隨著溫度的增加而減少，10 分鐘後，餘氯含量就可降至 0.03ppm，沸騰後餘氯量就為 0ppm。所以，加熱可以讓自來水中的餘氯揮發。

#### (四)實驗 6：相同容器，相同水量，曝曬愈久，餘氯含量會愈低嗎？

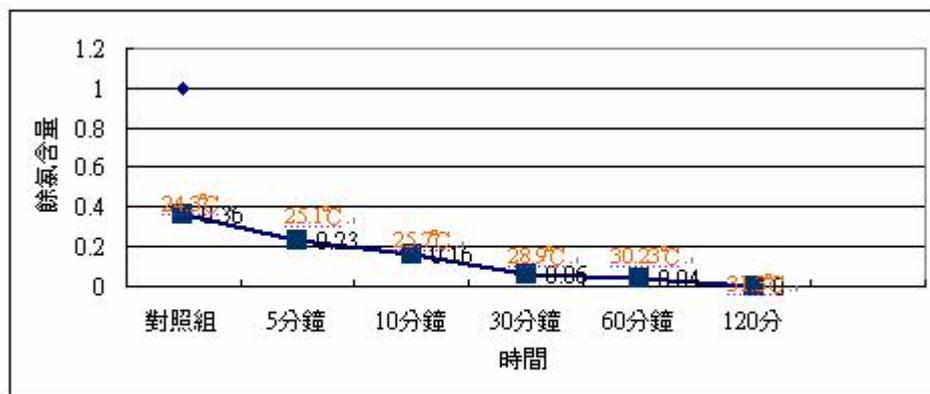
■ 實驗內容：將取回的自來水分別到入 200ml 的燒杯中，放在三樓穿堂曝曬，經過 5 分鐘、10 分鐘、30 分鐘、60 分鐘、120 分鐘，測量其溫度、餘氯含量。

■ 實驗結果：

單位：ppm

	對照組	實驗組				
		5 分鐘	10 分鐘	30 分鐘	60 分鐘	120 分鐘
溫度	24.3°C	25.1°C	25.7°C	28.9°C	30.2°C	31.3°C
餘氯量	0.36	0.23	0.16	0.06	0.04	0.00

表八：曝曬不同時間，自來水中的溫度變化及餘氯含量



圖六：曝曬不同時間，自來水中的溫度變化及餘氯含量圖

### ■ 結果與討論

- (1) 圖六顯示原本的餘氯含量是 0.36ppm，曝曬了 30 分鐘後就降至 0.06ppm，120 分鐘後就沒有餘氯了，代表溫度與靜置對於減少餘氯含量是十分有效的。
- (2) 在太陽光下曝曬，將自來水加溫又能達到靜置的效果，能有效減少餘氯。

### (五)實驗 7：加入粉狀物，可以降低餘氯含量嗎？

- **實驗內容**：利用加入粉狀物調成水溶液來降低自來水中的餘氯含量，所以選擇家中常見的物質(鹽、糖、小蘇打粉、硼酸、明礬及檸檬酸)來配成 3% 的水溶液，測量餘氯含量。

### ■ 實驗結果：

單位：ppm

水溶液 時間 餘氯 含量	對照組	實驗組					
		食鹽水	小蘇打水	明礬水	糖水	硼酸水	檸檬酸
餘氯含量	0.30	0.42	0.13	0.21	0.20	0.27	0.10
酸鹼值	7.0	6.0	9.0	9.0	7.0	4.0	4.5

表十一：加入不同水溶液後，自來水中的餘氯含量及酸鹼值

### ■ 結果與討論

- (1) 發現小蘇打水及檸檬酸能很明顯將餘氯含量降低。
- (2) 加入食鹽水後餘氯含量不減反增，原來食鹽中含有氯的成分，所以，造成餘氯含量增加。
- (3) 雖然小蘇打水與醋酸水都能有效的降低餘氯含量，但酸鹼值改變大。
- (4) 加入明礬及硼酸水後，餘氯含量沒有明顯的變化。
- (5) 我們想知道如果增加濃度，對於的餘氯含量有沒有影響，所以著手進行下一個實驗。

### ◎8~1：增加濃度的水溶液，可以降低餘氯含量嗎

- **實驗內容**：將自來水加入不同的粉狀物質，調成不同濃度(3%、5%、10%)的水溶液(鹽、糖、小蘇打粉、硼酸、明礬及檸檬酸)，看看是否能降低餘氯含量。

■ 實驗結果：

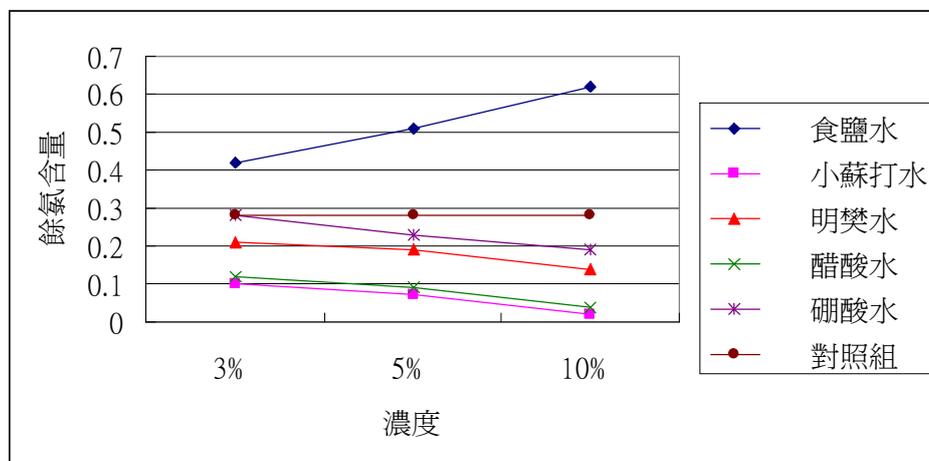
單位：ppm

水溶液 餘氯 濃度(含量)	對照組	實驗組					
		食鹽水	小蘇打水	明礬水	糖水	硼酸水	檸檬酸
3%	0.30	0.42	0.13	0.21	0.20	0.27	0.10
5%		0.51	0.07	0.19	0.15	0.23	0.03
10%		0.62	0.02	0.14	0.06	0.19	0.00

表十二：加入不同濃度水溶液後，自來水中的餘氯含量及酸鹼值

■ 結果與討論

- (1) 圖七發現加入粉狀物質後，餘氯含量是檸檬酸 < 小蘇打水 < 糖水 < 明礬水 < 硼酸水 < 食鹽水。
- (2) 小蘇打水及檸檬酸隨著濃度的增加，很明顯將餘氯含量降低，濃度 10% 時，餘氯含量就幾近於 0ppm 了。
- (3) 加入明礬及硼酸後的自來水，餘氯含量雖然有降低，但並不明顯。
- (4) 加入食鹽後，濃度愈高，餘氯含量仍愈高。



圖七：加入不同濃度水溶液後，自來水中的餘氯含量圖

(六)實驗 8：加入片狀物，可以降低餘氯含量嗎？

- 實驗內容：利用不同的片狀物質降低餘氯含量，所以選擇重量相同的幾種常見的片狀物質，茶葉渣、厚葉子(福木)、薄葉子(菩提葉)、鋁片(剪下一開罐的鋁罐底部)、陶瓷片(老師家中淨水設備)、塑膠片(將墊板剪成圓形)，放入自來水中 3 分鐘及 10 分鐘後，測量餘氯含量及酸鹼值。

■ 實驗結果：

單位：ppm

時間	水溶液 餘氯含量	對照組	實驗組					
			茶葉渣	厚葉子	薄葉子	鋁片	陶瓷片	塑膠片
3 分鐘		0.30	0.10	0.07	0.09	0.26	0.05	0.28
10 分鐘		0.21	0.02	0.00	0.01	0.20	0.00	0.23
酸鹼值		7.0	7.5	7.0	7.0	5.5	6.5	6.0

表十三：加入不同水溶液後，自來水中的餘氯含量及酸鹼值

■ 結果與討論

- 發現 3 分鐘後，除餘氯的效果：陶瓷片 > 厚葉子 > 薄葉子 > 茶葉渣 > 鋁片 > 塑膠片。10 分鐘後，陶瓷片、厚薄葉子及茶葉渣的餘氯含量低於 0.02ppm，有相當不錯的除餘氯效果。
- 陶瓷片的除餘氯效果最好，應是有很多孔洞，容易讓自來水中的餘氯吸附。而鋁片及塑膠除餘氯效果較差僅降低 0.04ppm 及 0.02ppm，可能是因已經電鍍或塗料，較穩定無法反應，且無孔洞，可以吸附餘氯。
- 相當意外的是，我們在校園中隨機摘了幾片葉子的除氯效果也很好，代表葉子會吸收自來水中的氯，也就是說，如果媽媽使用自來水洗菜，水中的餘氯將會被葉菜吸收，再吃入我們的身體內，相當恐怖。

(七)實驗 9：加入顆粒物質，可以降低餘氯含量嗎？

- 實驗內容：加入不同的顆粒物質：米、石頭(從校園中撿拾)及活性碳、竹碳、麥飯石、陶瓷環(購自魚中魚水族館)。以電子天平秤約 3 克重，放入自來水中，經過在 1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘時，分別測量餘氯含量。

■ 實驗結果：

時間	物質 餘氯含量	對照組	實驗組					
			石頭	米	活性碳	竹碳	麥飯石	陶瓷環
3 分鐘		0.30	0.18	0.08	0.06	0.05	0.11	0.15
10 分鐘			0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
酸鹼值		7.0	6.0	6.5	7.5	7.5	6.5	6.5

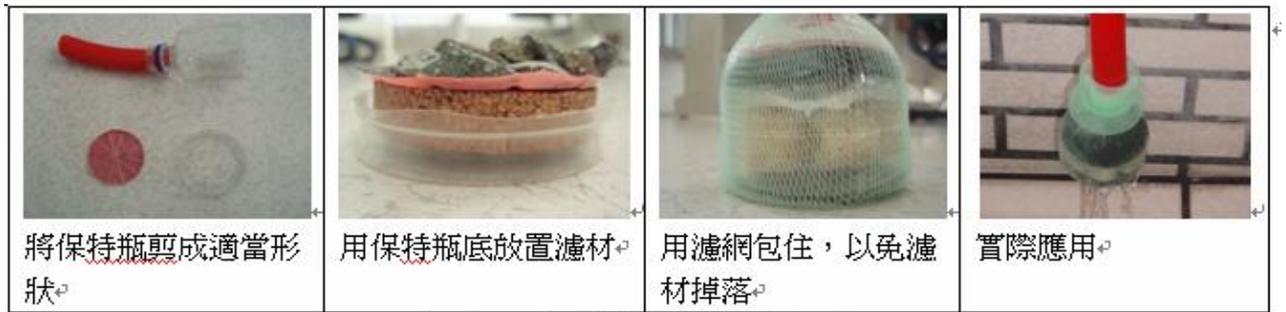
表十四：加入不同固體物質的自來水，在不同時間的餘氯含量

■ 結果與討論

- 餘氯含量的反應分別是竹碳 < 活性碳 < 米 < 麥飯石 < 陶瓷環 < 石頭。
- 10 分鐘後活性碳、竹碳、米、陶瓷環及麥飯石餘氯含量是 0ppm，這幾樣物質有很好的除餘氯的效果。
- 竹碳、活性炭和麥飯石都因他們是多孔的物質，而因為多孔的吸附性，這些物質，可將餘氯吸附並分解水中三鹵甲烷，使水質淨化。

- (4) 米去除餘氯有不錯的效果，但擔心若長期處於潮濕環境中，容易發霉，所以在後續研究中，不列入考慮。

### 研究三：製作出可以去除自來水中餘氯含量的器具



圖八：自製簡易除餘氯裝置步驟

#### (一) 實驗 10：觀察單一物質，去除餘氯的效果？

##### ◎實驗 10~1：單一物質加入自來水中的除氯效果(以自製除餘氯包)

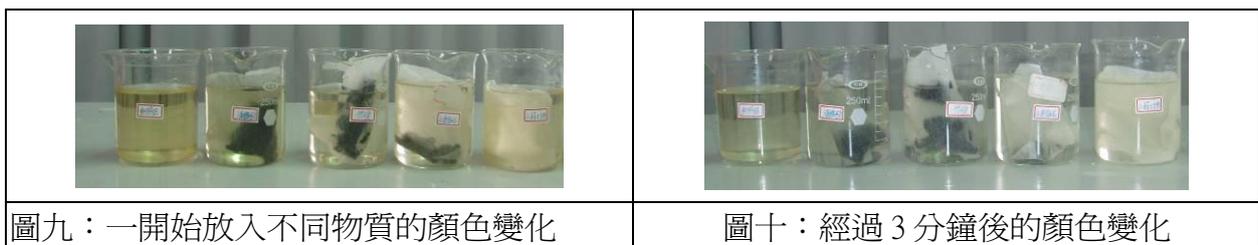
- **實驗內容：**採用取研究二中的固體物質，包括竹碳、活性碳、陶瓷環及麥飯石等物質，取 1 大匙放入茶包內製成除餘氯包，分別放入 200ml 的自來水中，並滴 3 滴餘氯測試液，與未加物質的自來水相比對，觀察變無色的時間，並測量酸鹼值。
- **實驗結果：**

內容物	時間(分' 秒)	酸鹼值	備註
1.麥飯石	2' 32	9.0	
2.陶瓷環	3' 09	7.0	
3.活性碳	1' 57	7.0	
4.竹碳	1' 42	7.0	有氣泡，還有作用的聲音
5.對照組	5 分鐘以上	6.0	

表十五：單一物質加入自來水加入餘氯測定液由黃轉無的時間及酸鹼值

##### ■ 結果與討論：

- (1) 竹碳和活性碳的效果最好，其次是麥飯石及陶瓷環
- (2) 所有物質放入自來水中在 3 分鐘左右都可以有效去除餘氯。



圖九：一開始放入不同物質的顏色變化

圖十：經過 3 分鐘後的顏色變化

##### ◎實驗 10~2：單一物質比較顆粒大小加入自來水中的除氯效果(自製過濾除餘氯器)

- **實驗內容：**將活性碳、陶瓷環、麥飯石及竹碳敲成大小不同塊狀，並分為顆粒大的及顆粒小的兩類，分別取 20g 放入自製的除氯過濾器，接在水龍頭下，取水 200ml，並測量餘氯含量。

■ 實驗結果：

內容物	顆粒大(ppm)	顆粒小(ppm)	顏色變化
竹碳	0.07	0.09	淡黃色
活性碳	0.08	0.11	淡黃色
陶瓷環	0.19	0.22	淡黃色
麥飯石	0.15	0.16	淡黃色

表十六：顆粒大小單一物質自來水餘氯檢測器

餘氯平均值：0.13ppm

■ 結果與討論：

- (1) 所有的物質中大顆粒均比小顆粒的餘氯含量少。
- (2) 餘氯含量：竹碳 < 活性碳 < 麥飯石 < 陶磁環。
- (3) 大的顆粒比小顆粒的效果好，可能是吸附面積的或是孔洞完整的關係，後續的實驗中，我們將選取大顆粒的物質。

(二) 實驗 11：觀察 2 種不同物質組合，去除餘氯的效果？

■ 實驗內容：放入 2 種物質的組合，每一個物質放入 20g，以保持瓶底當隔層，讓水可以一層一層過濾，接在水龍頭下，自來水通過過濾，取水 200ml 並檢測餘氯含量。

■ 實驗結果：

單位：ppm

內容物		餘氯含量 (ppm)	顏色變化	內容物		餘氯含量 (ppm)	顏色變化
上	下			上	下		
活性碳	竹碳	0.03	無色透明	活性碳	麥飯石	0.08	淡黃色接近透明無色
竹碳	活性碳	0.02	無色透明	麥飯石	活性碳	0.10	淡黃色
陶瓷環	竹碳	0.08	淡黃色接近透明無色	活性碳	陶瓷環	0.11	淡黃色
竹碳	陶瓷環	0.07	淡黃色接近透明無色	陶瓷環	活性碳	0.16	淡黃色
竹碳	麥飯石	0.06	淡黃色接近透明無色	麥飯石	陶瓷環	0.14	淡黃色
麥飯石	竹碳	0.08	淡黃色接近透明無色	陶瓷環	麥飯石	0.17	淡黃色

表十七：兩種不同物質過濾自來水後，自來水餘氯含量

餘氯含量平均：0.10ppm

■ 結果與討論：

- (1) 實驗結果以“竹碳+活性碳”有明顯的效果，餘氯含量最少，“麥飯石+陶瓷環”效果最差，餘氯含量最多。
- (2) 2 種不同物質組合，位置交換，餘氯含量就不一樣。
- (3) 由實驗 10-2 得知單一物質時除餘氯的效果如下：竹碳 < 活性碳 < 麥飯石 < 陶磁環，在實驗 11 中發現，只要是竹碳、活性碳在上時，一定比麥飯石、陶磁環在上時，除餘氯的效果較好。
- (4) 2 種物質組合比單一物質除氯效果好。

(三) 實驗 12：觀察 3 種不同物質組合，去除餘氯的效果？

■ 實驗內容：同實驗 11，僅是將 2 種物質換成 3 種。

■ 實驗結果：

單位：ppm

編號	內容物			餘氯含量 (ppm)	滴入檢定液顏色
	上	中	下		
1	竹碳	麥飯石	陶瓷環	0.04	淡黃色接近透明無色
2	竹碳	陶瓷環	麥飯石	0.03	無色透明
3	竹碳	麥飯石	活性碳	0.01	無色透明
4	竹碳	活性碳	麥飯石	0.00	無色透明
5	竹碳	陶瓷環	活性碳	0.02	無色透明
6	竹碳	活性碳	陶瓷環	0.01	無色透明
7	麥飯石	竹碳	陶瓷環	0.05	淡黃色接近透明無色
8	麥飯石	陶瓷環	竹碳	0.03	無色透明
9	麥飯石	陶瓷環	活性碳	0.02	無色透明
10	麥飯石	活性碳	陶瓷環	0.01	無色透明
11	麥飯石	竹碳	活性碳	0.00	無色透明
12	麥飯石	活性碳	竹碳	0.00	無色透明
13	陶瓷環	麥飯石	竹碳	0.03	無色透明
14	陶瓷環	竹碳	麥飯石	0.03	無色透明
15	陶瓷環	竹碳	活性碳	0.01	無色透明
16	陶瓷環	活性碳	竹碳	0.00	無色透明
17	陶瓷環	麥飯石	活性碳	0.05	淡黃色接近透明無色
18	陶瓷環	活性碳	麥飯石	0.05	淡黃色接近透明無色
19	活性碳	陶瓷環	麥飯石	0.04	淡黃色接近透明無色
20	活性碳	麥飯石	陶瓷環	0.03	無色透明
21	活性碳	麥飯石	竹碳	0.01	無色透明
22	活性碳	竹碳	麥飯石	0.00	無色透明
23	活性碳	陶瓷環	竹碳	0.00	無色透明
24	活性碳	竹碳	陶瓷環	0.00	無色透明

表十八：三種不同物質過濾自來水後，自來水餘氯含量

總平均：0.02ppm

■ 結果與討論：

- (1) 實驗結果餘氯含量平均降到 0.02ppm 以下，有了明顯的效果，有些組合已檢測不到餘氯了。
- (2) 不同物質組合，位置交換，餘氯含量就不一樣。
- (3) 竹碳加活性碳的效果明顯比較好。
- (4) 3 種物質組合要比單一或 2 種物質的除氯效果好。

## 陸、 討論

### 一、 不同地點及狀況其自來水的餘氯含量也不同

- (一) 前段自來水的餘氯含量明顯低於中、後段的自來水，可能是前段自來水比較容易與空氣接觸或與空氣接觸時間較久，氯可以揮發掉。
- (二) 有水塔的餘氯含量均低於沒有水塔的，可能是水塔正好讓自來水靜置，水中的氯得以揮發。

### 二、 『靜置時間』、『溫度』、『加入物質』會影響自來水的餘氯含量

#### (一) 「靜置時間」的討論

1. 靜置對於餘氯含量是有影響的，靜置 4 小時以上效果顯著。
2. 靜置時間愈久，可以讓水中的餘氯揮發。

#### (二) 「溫度」的討論

1. 加熱可以降低餘氯，若能到達沸騰，讓餘氯可以隨著沸騰而揮發，效果更好。
2. 曝曬可以使溫度升高，也能同時靜置，大約是曝曬 2 小時、31.3°C 就能除氯。

#### (三) 「加入物質」的討論

1. 加入粉狀物時，發現小蘇打水及檸檬酸能很明顯將餘氯含量降低，且濃度愈高愈顯著。可是，加入食鹽水後餘氯含量不減反增，因食鹽中含有氯的成分，所以，造成餘氯含量增加。
2. 加入片狀物質時，除餘氯的效果：陶瓷片 > 厚葉子 > 薄葉子 > 茶葉渣 > 鋁片 > 塑膠片。陶瓷片的除餘氯效果最好，應是有很多孔洞，容易讓餘氯吸附。而鋁片及塑膠除餘氯效果較差，可能是因已電鍍或塗料，較穩定無法反應，且無孔洞，可以吸附餘氯。
3. 加入顆粒物質，餘氯含量的反應分別是竹碳 < 活性碳 < 米 < 麥飯石 < 陶瓷環 < 石頭。10 分鐘後活性碳、竹碳、米、陶瓷環及麥飯石餘氯含量是 0，顯示這幾樣物質有很好的去除餘氯的效果。

### 三、「製作簡易除餘氯裝置」的討論

1. 顆粒大的物質去除餘氯的效果比較好。
2. 自製簡易除餘氯裝置中，加入 2 種物質，明顯比加入單一物質效果好，加入 3 種物質，效果更加顯著。

3. 有竹碳或活性碳的組合效果最好，可以實際應用在除餘氯上。
4. 部份組合還有一點很淡的黃色，顯示還有一點餘氯。我們認為可能是濾材在實驗中重複的使用，造成某一些濾材飽和，除餘氯效果沒有那麼好，因此我們認為這個自製簡易除餘氯裝置在使用一段時間之後，要更換濾材，才能持續保持除餘氯的效果。

## 柒、結論

### (一)、研究的主要推論－加入物質能降低自來水中的餘氯含量

1. 在自來水中加入不同的物質，像小蘇打與檸檬酸，可以與餘氯反應，有不錯的除餘氯效果。而葉子、陶瓷片、及石頭、米、竹碳、活性碳、麥飯石、陶磁環等顆粒物質，因附含孔洞可吸附餘氯，所以除餘氯效果明顯。
2. 竹碳及活性碳是所有實驗中除餘氯效果最好的物質，可以實際應用在除餘氯上。
3. 組合不同的濾材能有效去除餘氯，2種以上的濾材組合就有效果。
4. 大顆粒的物質比小顆粒的除氯效果好。代表整塊的物質中的成分較完整，較能吸附餘氯。

### (二)、「靜置時間」及「溫度變化」也是使自來水中的餘氯含量降低的要素

1. 靜置可以使餘氯含量降低，尤其若能靜置 240 分鐘(4 小時)以上，餘氯幾乎都可以揮發掉。
2. 餘氯含量會隨著溫度的增加而減少，加熱可以讓自來水中的餘氯揮發。

### (三)利用簡單的物質組合，可以製作出簡易的除餘氯的濾水裝置

坊間常見許多濾水設備，動輒要幾千元甚至上萬元，我們根據研究結果，自製了簡易的除餘氯的濾水裝置，像是「除餘氯包」僅是利用茶葉包中放入可以與自來水中的餘氯作用的物質，可以讓媽媽在洗菜前先放入，或是要泡澡時放入浴缸中，可除掉餘氯；而「簡易的除餘氯裝置」則是將數種可以吸附自來水中餘氯的物質組合，放置於保特瓶中，以水管相接水龍頭，讓自來水在經過時，一層一層過濾，屆時流出的水，無論是要洗菜或是洗手、洗澡，我們都可以「無憂無慮」了。

## 捌、參考資料

### 一、書刊資料

- (一) 陳育仁，新世紀科學百科全書，台北市，貓頭鷹出版社，民 82 年。

- (二) 竹內均，環保小百科，台北市，新自然主義出版社，民91年。
- (三) 葉依雨，魚水之歡樂優游~觀賞魚的餵養與繁殖，台北市，台灣廣夏國際出版集團，民86年。
- (四) 林麗華，空氣與水的遊戲，台北市，國立台灣科學教育館，民96年。
- (五) 翰林出版，自然第八冊，台南市，翰林出版社，民96年。

## 二、網路資料

- (一)神奇的竹碳 <http://www.kuoli.com/baboom/charcoal.htm>
- (二)活性礦物濾芯麥飯石的好處 <http://www.hydrohealth.com.hk/articles/03.doc>
- (三)節約用水網站 [http://www.twd.gov.tw/savewater/care/care1\\_01\\_06.asp](http://www.twd.gov.tw/savewater/care/care1_01_06.asp)
- (四)自來水知多少 <http://www.doublecrane.com.tw/dcweb/homelife/katadyn/exp1index.htm>
- (五)自來水公司水質問答 <http://www.stwp.com.tw/old/FAQ/default.htm>

【評語】 081531

1. 教材與研究主題具生活化、鄉土性，材料易得，具實用性。
2. 自製簡易除餘氯裝置具有創意，惜未與市售之除餘氯裝置比較。
3. 餘氯檢測器原理不明。
4. 餘氯含量實驗需有 2~3 次以上實驗數據，但研究無法看出。