

# 環保小尖兵

## 國中組應用科學科第二名

宜蘭縣立復興國民中學

作者：林和駿、林立偉、游約翔、簡偉勝

指導教師：方琮民

### 一、研究動機

去年暑假和家人去陽明山小油坑遊玩，解說員隨手拿出廣用試紙檢驗硫磺水的酸鹼性。回家後，我們就想到：是否可以做出各種檢驗水污染的試紙，以方便檢驗；於是我們立即展開以下的實驗。

### 二、研究目的

- (一)製作測試餘氯、硬度、pH 值、鉛、汞、六價鉻、銅等污染的試紙。
- (二)檢驗農業用水、河川等水質污染的情形。
- (三)將製成試紙裝置成盒，以利於攜帶。

### 三、研究器材

電子天平、軟片空盒、濾紙、pH 儀等及多種藥品。

### 四、實驗過程

#### (一)餘氯

碘定量法 1.原理： $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$ ，則碘分子和澱粉生成藍色。

2.步驟：(1)配製試劑：取澱粉10g加水400ml，加熱使其變透明即可。

(2)配標準液 (3)製比色表 (4)製出試紙

3.結果：(1)試劑顏色：無色(2)試紙顏色：無色(3)試劑pH值：8.68

(4)比色表：

顏色變化 KI \ 餘氯	5ppm	10ppm	15ppm	20ppm	50ppm
1g	無	淡藍	淺藍	藍紫	深紫
2g	無	淡藍	淺藍	藍紫	深紫
5g	無	淡紫	淺藍	紫	深紫
10g	無	淡紫	淺藍	紫	深紫
15g	無	淡紫褐	淺紫褐	紫褐	深紫
30g	無	淡紫褐	淺紫褐	紫褐	深紫褐

\*

I<sup>-</sup>的含量愈高，其顏色變化愈明顯

鄰妥立定法 1. 原理：鄰聯甲苯胺為一芳香族有機化合物，在強酸性溶液中可與氯反應產生黃色化合物。

2. 步驟：(1)配製試劑：溶1.35 g 鄰聯甲苯胺二鹽酸鹽於500ml水中，將此溶液倒入由350ml水及150ml濃鹽酸之混合液中。

(2)配標準液(3)製比色表(4)製出試紙

3. 結果：(1)試劑顏色：無(2)試紙顏色：無(3)試劑pH值：0.23

(4)比色表

氯的濃度 (ppm)	0.05	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
試紙顏色變化	無	微黃	淡黃	淺黃	黃	深黃

(二) 鉛 原理： $Pb^{2+} + 2I^{-} \rightarrow PbI_2$

1. 步驟：(1)配製試劑：分別取不同量之碘化鉀加入200ml的水中。

(2)配製標準液 (3)製比色表 (4)製出試紙

2. 結果：(1)試劑顏色：無(2)試紙顏色：無(3)試劑pH值：8.75

(4)比色表

顏色變化 / KI	Pb	50ppm	100ppm	200ppm	350ppm	500ppm
	1g		無	無	淡黃	淡黃
* 5g		無	微黃	淡黃	淺黃	黃
10g		無	微黃	淺黃	黃	黃
15g		無	難分辨的微黃	淡黃	淺黃	黃
30g		*無	難分辨的微黃	微黃	淺黃	深黃

\* 此組變化較明顯。

(三) 硬度

1. 原理：E. D. T. A 及其鈉鹽與鈣、鎂陽離子作用生成可溶之複合物。將少量E. B. T 加入在pH10含有鈣鎂之水樣，水樣變為酒紅色，而E. D. T. A 可和鈣鎂形成複合物，其複合物之量由鈣鎂決定，可使酒紅變藍。

2. 步驟：(1)溶解1.8g E. D. T. A 二鈉鹽及0.8g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  於50ml水中，將此溶液加入含16.9g 氯化銨和140ml 濃氫氧化銨之溶液內，混合後稀釋至250ml。

②將0.5g E、B、T和4.5g HCl混合，溶於100ml 95%酒精中。

③混合①、②。

④同(一)碘定量法2.①③④

3. 結果：①試劑顏色：深藍色。②試紙顏色：藍紫色③試劑pH值：9.27

④比色表：

顏色 \ 硬度	0 ppm	250ppm	375ppm	500ppm	750ppm	1000ppm
E.D.T.A. 1.8g	深藍	紫(深)	紫(淺)	淺紫	淺紫(淺)	淡紫
E.B.T. 0.5g						

#### ④ pH 值

酚酞：

1. 步驟：①取酚酞溶酒精。②配pH值1-14之酸鹼標準液。③將酚酞滴入並記錄顏色。④製試紙。

2. 結果：①試劑：無色②試紙：無色③試劑pH值3.20。

④比色表：

顏色 \ pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
試劑														
酚酞	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	微桃紅	淺桃紅	桃紅	深桃紅

瑞香草藍：

1. 步驟①同④酚酞步驟

2. 結果：①試劑：紅色②試紙：紅色③試劑pH值1.92。

④比色表：

顏色 \ pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
試劑														
瑞香草藍	粉紅	橙色	米黃	淡黃	淡黃	淺黃	黃	黃	黃	黃	淺藍	藍	藍	藍

甲基紅：

1. 步驟同④步驟

2. 結果：①試劑：橘色②試紙：橘色③試劑pH值2.05。

(4)比色表：

顏色 試劑	pH													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
甲 基 紅	米黃	黃	黃	橘紅	紅	紅	紅	紅	紅	深紅	深桃紅	桃紅	桃紅	桃紅

溴瑞香草藍：

1. 步驟同(四)酚酞步驟

2. 結果：(1)試劑：橘紅(2)試紙：橘紅(3)試劑pH值1.77。

(4)比色表：

顏色 試劑	pH													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
溴 瑞 香 草 藍	金黃	金黃	黃	淺綠	藍綠	藍綠	深綠	綠	綠	深綠	藍	藍	藍	藍

廣用試劑：

1. 原理：調出在不同PH溶液中，能顯出不同顏色之指示劑。

2. 步驟：(1)配試劑：取瑞香草藍5mg、甲基紅12mg、酚酞10mg、溴香草藍50mg、加入酒精200ml，並滴入NaOH至呈深綠色。

(2)同(四)酚酞步驟(2)(3)(4)

3. 結果：(1)試劑深綠色(2)試紙綠色(3)試劑pH值7.33

(4)比色表：

顏色 試劑	pH													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
廣 用 指 示 劑	桃紅	紅	橙	淡綠	淺綠	綠	綠	深綠	深綠	藍綠	藍	藍	深藍	深藍紫

(五)汞

1. 原理：水中汞離子可和二苯卡巴腓反應成暗紫色。

2. 步驟：(1)取出2克及4克之二苯卡巴腓，分別溶500ml 95%酒精中。

(2)同(-)碘定量法2.(2)(3)(4)。

3. 結果：(1)試劑紅色(2)試紙粉橘色(3)試劑pH值3.8

(4) 比色表：

顏色 試劑	汞						
		0.05ppm	0.1ppm	0.5ppm	1.0ppm	1.5ppm	3ppm
二苯卡 巴腓 2g		淡紅	淡紅	淡紫色	紫紅	淺紫	紫

(六) 六價鉻：

1. 原理：六價鉻在酸性溶液中與S-D試劑成紅紫色。
2. 步驟：(1)取1g、3g之S-D溶100ml 95%酒精，加入400ml HsbO<sub>4</sub> 300ml水。  
(2)同(-)碘定量法 2. (2)(3)(4)。
3. 結果：(1)試劑橘色(2)試紙粉橘色(3)試劑pH值0.37

(4) 比色表：

顏色 SD	鉻					
		0.05ppm	0.1ppm	0.5ppm	0.8ppm	1.0ppm
1g		無	無	淺紅	紅	紅紫

(七) 銅：

1. 原理：Cu<sup>2+</sup>和Cuprethol作用生成黃色複合物。
2. 步驟：(1)取配HCl液(2)配焦磷酸鈉液(3)配醋酸鈉液(4)配 Cuprethol試劑(5)依序混合(1)~(4)。(6)同(-)碘定量法 2. (2)(3)(4)。
3. 結果：(1)試劑微黃(2)試紙無色(3)試劑6.04

(4) 比色表：

銅	0.05ppm	1.0ppm	1.5ppm	2.0ppm	2.5ppm	3.0ppm	4.0ppm
顏色	微黃	淡黃	淺黃	黃	黃	深黃	深黃

(A)水質檢驗：(單位ppm)

項目 地點	餘 氯		硬 度	鉛	酚	瑞 香 草 藍	甲 基 紅	溴 瑞 香 草 藍	廣 用 指 示 劑	汞	六 價 鉻	銅
	碘 定 量 法	鄰 妥 立 定 法										
蘭 陽 大 橋	10以下	0.2以下	250	100以下	pH 11 以下	pH 2~12	pH 5 以上	pH 4~9	pH 7 (6.94)	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
五 結 南 橋	1.0以下	0.2以下	375	100以下	pH 11 以下	pH 2~12	pH 5 以上	pH 4~9	pH 7 (7.56)	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
冬 山 河 大 閘 門	10以下	0.2以下	375	100以下	pH 11 以下	pH 2~12	pH 5 以上	pH 4~9	pH 7 (6.78)	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
捷 徑 橋	10以下	0.2以下	375	100以下	pH 11 以下	pH 2~12	pH 5 以上	pH 4~9	pH 7 (6.78)	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
灌 溉 水	10以下	0.2以下	375	100以下	pH 11 以下	pH 2~12	pH 5 以上	pH 4~9	pH 7 (7.17)	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下

※附註：廣用指示劑下括號內數字為使用pH儀測出之值。

## 五、討 論

### (一)餘氯

1. 由碘定量法中得知碘化鉀的濃度越大，所得的結果會越好，但是當濃度過大，則顏色變化太深，反而不易比色。
2. 檢測餘氯時，鄰妥立定法的精準度較佳，但在使用此法時，若餘氯的濃度超過3.0ppm以上，雖有顏色變化，但黃色深淺不因餘氯濃度而變。
3. 當鄰妥立定試劑接觸強光後容易變色沉澱，同時，高溫亦將造成同樣的影響。

1.A碘定量法的檢測範圍是10~50ppm，B鄰妥立定法的檢測範圍是0.2~20ppm。

### (二)硬度

1. 由實驗製作比色表時，我們發現若Ca<sup>2+</sup>的濃度越大，試紙的顏色反而越淡，此為一特殊之現象，經推論查證結果，實為因E.D.T.A.溶液為酸性，而Ca<sup>2+</sup>會消耗E.D.T.A.，使E.B.T.指示劑變色越淺，故造成此一結果。
2. 當水樣溫度太高時，此試劑就無法比色，原因為E.B.T.指示劑會在過高的溫度下分解，反之，水樣溫度過低，則變色緩慢。
3. 本試紙檢測的範圍是0ppm~1000ppm。

### (三)鉛

1. 此實驗乃為利用國中理化課本之實驗。
2. 試紙遇含鉛水樣時，會產生黃色之 $PbI_2$ ，而水樣亦會變黃。
3. 本法的檢測範圍50ppm~500ppm。

### (四)pH值

1. 酚酞的變色範圍為pH 8.3~10.0，而我們實驗中卻在pH 11時才略變桃紅，這和酚酞的濃度及酸鹼液有關。
2. 在瑞香草藍與酸鹼液的實驗中，我們知道其變色範圍為1.2~2.8，但我們又發現它在pH 11~14會呈現淡藍色，可是顏色變化並不明顯，故還是以原來的變色範圍為準。

### (五)汞

1. 我們曾經嘗試加入硝酸、硫酸及高錳酸鉀，企圖將水中汞的化合物氧化為二價汞離子，且將溴酚藍當指示劑加入二苯卡巴 裡，但是加入硫酸後此實試劑會產生劇烈反應，高錳酸鉀的顏色會影響比色，而溴酚藍只要遇中性水即呈藍色，故無法順利進行實驗，若是加入硝酸，則無任何效果。
2. 本實驗之試紙易受外界因素影響而變質，但試劑則否。
3. 本法的檢測範圍0.5ppm~3.0ppm。

### (六)六價鉻

1. 在製作試劑時發現此試劑S-Diphenylcarbazide不易溶解，加熱後將變為紅色，同時因試劑為酒精（乙醇），所以建議以攪拌方式使其溶解。
2. 水樣貯存在不同容器中，則六價鉻的濃度有些微上升或下降的情形出現。
3. 本法的檢測範圍0.5ppm~2.0ppm。

### (七)銅

1. Cuprethol試劑放置太久會產生硫，加於水樣中會生成沈澱。
2. 在多次實驗中，發現試劑混合後有時會產生白色沈澱，此沈澱物遇空氣即成黃色，但不影響實驗結果。
3. 混合試劑時，不加入HCl液，則試劑全部變為白色稠狀。
4. 本法的檢測範圍0.5ppm~4.0ppm。

### (八)水質檢測

1. 宜蘭地區部份河川的水質皆能符合河川的水質標準。
2. 水質雖符合標準但現場仍有少數垃圾漂浮水面，可見環保概念仍有待加強。
3. 整體來說，越下游之處，水質就有轉劣趨勢，乃因附近有造紙、石化等工廠造成。

4. 聞名中外的淡水河並非想像中好，但改進許多。

## 六、結 論

- (一) 使用試劑檢驗水樣比用試紙檢驗水樣效果較好。
- (二) 因各項檢測後會產生易溶於水之複合物故將水樣滴上試紙檢測。
- (三) 因所採用之方法形成有色化合物並成定量比例，故能用其檢測。
- (四) 因普通水成分複雜，所以本實驗中之水皆為蒸餾水。
- (五) 水中若有干擾物會影響比色效果，除了限定pH值可抑制外，利用抑制劑也是可行的辦法，此點有待深入探討。
- (六) 經過此次實驗，我們從中獲得了許多新知及經驗。

## 七、附註與說明

(一) 水質標準：

	台灣省自來水 水質標準	台北市自來水 水質標準	高雄市自來水 水質標準	放 流 水 水質標準
自由有效餘氯	0.2~1.5	0.2~0.8	0.2~1.5	查無資料
銅	1.0	1.0	1.0	3.0
汞	0.002	0.002	0.002	0.005
六價鉻	0.05	0.05	0.05	0.5
鉛	0.05	0.05	0.1	1.0
硬度	500	300	查無資料	查無資料
pH值	6.5~8.5	6.5~8.5	6.0~9.0	5.0~9.0

- (二) 本試紙不適用於海水，且目視即可發現污染者請勿使用。
- (三) 本試紙僅供一般民衆出外遊玩或外出考察時用，若須更精密之結果或研究人員研究時，此成品僅作參考。

## 八、參考書籍

- (一) 國中理化第二冊（國立編譯館，81年8月）
- (二) 水質檢驗方法彙編（行政院環保屬環境檢驗所，81年6月）
- (三) 分析化學基本原理（曉園出版社，76年11月）
- (四) 水及廢水分析（復文書局，65年9月）
- (五) 大美百科全書（光復書局，76年8月）



〈感謝：行政院環保屬、宜蘭縣環保局、台北市榮民總醫院、台灣省自來水公司資料提供〉

## 評語

研究便於檢驗河水及農業用水中餘氯、鉛、汞、鉻、銅含量的試紙，為本作品之特色，實驗原理、步驟、結果的分析和討論亦十分詳盡，試劑製配方法及特性之說明，尤其詳細。深具科學研究的精神，此外，參展同學表達能力生動活潑。