【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

題目名稱：〝鹼〞查自來水

一、摘要

缺水的 2021 年，特別能體會〝水〞真的是生活不可或缺的要項。起初，只是三個臭皮匠單純想要知道自來水到底是酸的？還是鹼的？便開啟一連串艱辛但有趣的科學探索之旅，透過文獻探討，我們自行設計從「酸鹼值」與「含氯濃度」兩條路徑，逐步證實：(1)二林地區自來水的 pH 值介於 8.2～8.5 之間，是因為在其淨化過程中加入次氯酸鈉消毒所造成的。(2)二林地區自來水是抽取地下水之後，加入次氯酸鈉，並以 40～400 ppm 濃度進行消毒與淨化程序的。

二、探究題目與動機

(一) 好奇的濫觴：請問『自來水是酸的？還是鹼的？』

我們都知道純水的 pH 值是 7，但我們天天使用的自來水，到底是中性？還是偏酸性？或是偏鹼性呢？

(二) 動手來驗證：先來校正 pH 儀吧！

1. 先以 pH 為 7.00 的標準校正液，進行校正，如圖 1-(1)所示。
2. 再用 pH 為 4.01 的標準校正液，進行校正，如圖 1-(2)所示。

(三) 隨後立即檢查「學校」與「家裡」的自來水！

1. 學校的自來水呈現 pH＝8.5，如圖 1-(3)所示。
2. 家裡的自來水呈現 pH＝8.2，如圖 1-(4)所示。

圖 1：由左至右依序是 (1) pH 7 之校正。 (2) pH 4 之校正。 (3) 學校自來水 pH＝8.5。 (4) 家裡自來水 pH＝8.2。 (5) 二林地下水 pH＝7.5。 (6) 芳苑地下水 pH＝7.6。

(四) 第 1 次實作驗證：二林地區自來水實際檢測的結果介於 8.2～8.5 之間。

雖然水不必然是中性，但是 pH 值達到 8.2 到 8.5，著實也讓我們有點驚訝，原來標榜

pH8 能讓我們更健康的鹼性水，不論是商品化的瓶裝水或是生成器，我們的實驗結果告訴大眾，根本毋須花大錢去購買，因為自來水公司提供給二林地區的水，全部都是 pH8 以上的鹼性水啊！

在好奇心的驅使之下，自來水呈現出較偏鹼的情形，我們決定尋根究柢、打破沙鍋，直到搞清楚為止；所以，經過我們三人討論之後，第一個必須要釐清的問題是～二林地區自來水的原水到底是來自何方？

(五) 二林自來水來自於「地底下」。

我們在「中部地區水資源利用整體檢討規劃」一書中找到答案～原來，彰化地區自來水幾乎全以『地下水』作為取水的水源（巨廷公司 編著，2006）；緊接著，我們第二個必須要釐清的問題是～二林地區地下水的 pH 值也是介於 8.2～8.5 之間嗎？

(六) 第 2 次實作驗證：二林地區的地下水其實沒那麼鹼！

1. 二林淨水場附近所採取的地下水，其 pH 值是 7.5，如圖 1-(5)所示。
2. 鄰近芳苑淨水場旁採取的地下水，其 pH 值是 7.6，如圖 1-(6)所示。

(七) 確認本組探究的主題：是〝誰〞讓自來水變得更「鹼」呢？

我們知道在地下水淨化成自來水的過程中，會經過沉澱、過濾以及消毒等繁複的程序，但過濾或沉澱等物理原理，應該不至於會產生酸鹼之化學變化，所以，科學邏輯告訴我們：『會讓二林地區自來水變得更鹼的元凶，應該抽絲剝繭地追查～在自來水之淨化過程中，自來水廠到底添加哪種化學藥劑來進行消毒的呢？』

三、探究目的與假設

(一) 探究自來水的消毒方式對酸鹼值的影響

依據王炳鑫（2014）編撰「認識自來水消毒」一書提及～自來水常見的消毒方式包括：(1) 氯氣 (2) 紫外線 (3) 臭氧 (4) 次氯酸鈉 ...等。

(二) 〝氯氣〞會讓自來水變得更「酸」

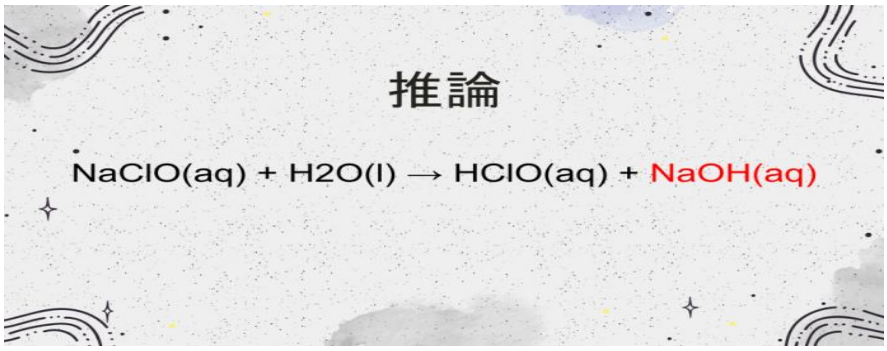
$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$$

加氯後的水溶液，將生成鹽酸與次氯酸，我們已知 HCl 會游離出氫離子，次氯酸也會游離出氫離子，所以加入氯氣消毒後，自來水應該會變酸才對；所以，我們的科學先備知識初步排除二林地區的自來水是加氯氣消毒的。

(三) 〝紫外線〞或〝臭氧〞不會讓自來水變得更「酸」或更「鹼」

除了身為科學人的我們，找不到任何〝紫外線〞或〝臭氧〞會讓水溶液改變 pH 值的化學方程式，實務上，我們的經濟成本概念也理智地告訴自己：若以紫外線或臭氧進行消毒，因成本較為昂貴，應該沒有機會被全球水費最低廉的臺灣兩家自來水公司所青睞。

(四) 實驗假設：〝次氯酸鈉〞讓自來水變得更「鹼」



NaClO 中文學名是「次氯酸鈉」，俗稱漂白水，我們根據上述的方程式推測～當次氯酸鈉加入水中，便會形成次氯酸與氫氧化鈉，而〝氫氧化鈉〞就是讓自來水變得更「鹼」的肇因！為了驗證『自來水在淨化的過程中，是因為加入次氯酸鈉進行病原微生物消毒時，才導致自來水 pH 值上升』的這個想法，我們設計以下的實驗，不僅要證實：(1)是次氯酸鈉讓自來水變鹼的。(2)更試圖定量出二林淨水廠添加次氯酸鈉執行消毒的濃度區間。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 以「pH 儀」來驗證實驗假設

1. 實驗變因（圖 2）

(1) 操作變因：混合液中次氯酸鈉的濃度。

(2) 應變變因：混合液的酸鹼值。

(3) 控制變因：地下水的來源、體積、溫度等，除了操作變因與應變變因之外的所有變因，都需控制到一致或相同。

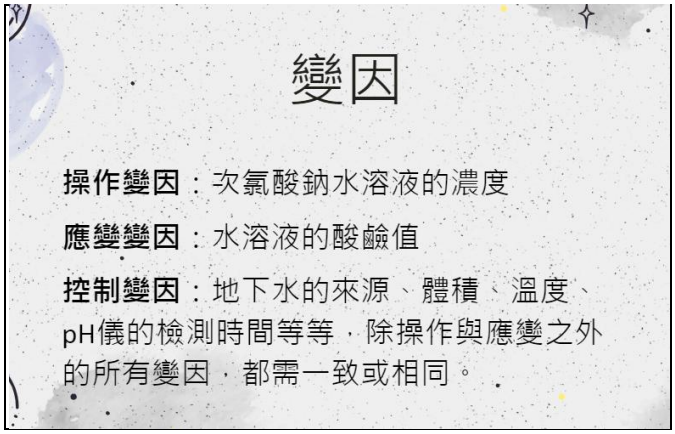
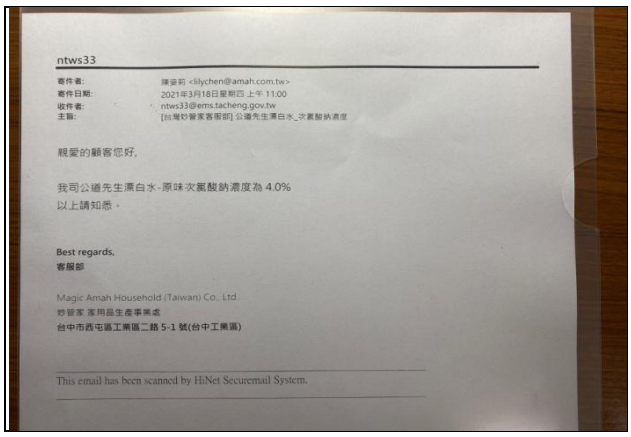


圖 2：檢測 pH 值之實驗變因

圖 3：4 組實驗組與 2 組對照組

2. 實驗方法與步驟

我們以市售次氯酸鈉濃度為百分之四（圖 4）之漂白水（圖 5），採取十倍梯度的方式，加到二林淨水場附近所採取的地下水之中，來看看 4 組實驗組以及地下水和自來水兩組對照組（圖 3），其 pH 值各自變化的情形。


ntws33

寄件者: 陳姿莉 <lilychen@amah.com.tw>
寄件日期: 2021年3月18日星期四 上午 11:00
收件者: ntws33@ems.tacheng.gov.tw
主旨: [台灣妙管家客服部] 公道先生漂白水_次氯酸鈉濃度

親愛的顧客您好,

我司公道先生漂白水-原味次氯酸鈉濃度為 4.0%
以上請知悉。

Best regards,
客服部

Magic Amah Household (Taiwan) Co., Ltd.
妙管家 家用品生產事業處
台中市西屯區工業區二路 5-1 號(台中工業區)

This email has been scanned by HiNet Securemail System.

圖 4：原廠確認次氯酸鈉的濃度為 4%

圖 5：本實驗所使用之漂白水原液

3. 實驗結果（詳如圖 6 所示）

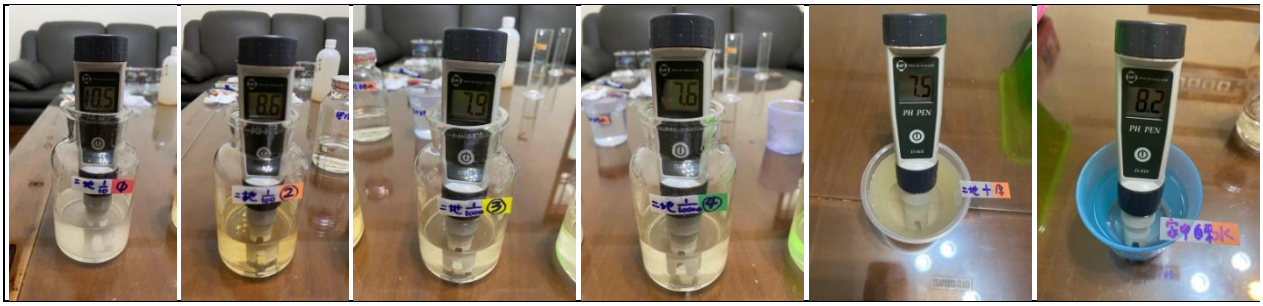


圖 6：由左至右依序是次氯酸鈉濃度為(1) 4000 ppm (2) 400 ppm (3) 40 ppm (4) 4ppm 之地下水混合液與 (5) 地下水對照組 (6) 自來水對照組

我們經由檢測 pH 值的實驗結果：

(1) 證實地下水加入次氯酸鈉後，會變鹼。

(2) 推測自來水在淨化過程中，是加入次氯酸鈉，並以 40～400 ppm 之濃度進行消毒、淨化程序。

(3) 不過，僅僅單從 pH 值進行推測，我們認為證據仍嫌薄弱，經過文獻探討，正如下列化學方程式所示，我們利用次氯酸鈉也會在水中釋出氯的特性，進行第二個實驗設計，期能從另一個路徑來證實我們的假設，也能針對二林淨水廠所添加次氯酸鈉的濃度，有更多的瞭解。

$$4NaClO + 2H_2O \rightarrow 4Na^+ + 4OH^- + 2Cl_2\uparrow + O_2\uparrow$$

(二) 以「測氯試紙」來驗證實驗假設

1. 實驗變因

操作變因（混合液中次氯酸鈉的濃度）與控制變因皆與上述實驗相同，唯一不同的是應變變因改為～混合液中含氯的濃度。

2. 實驗方法與步驟

以次氯酸鈉濃度為 4%之漂白水，採取十倍梯度的方式，加到二林淨水場附近所採取的地下水之中，檢測 4 組實驗組以及地下水和自來水兩種對照組，其水溶液中含氯的情形。

3. 實驗結果（如圖 7 所示）

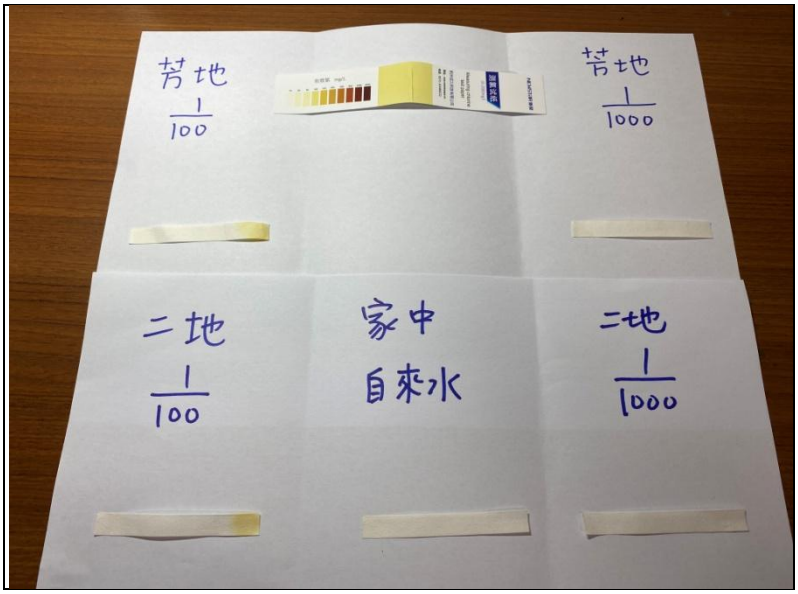


圖 7：A. 左側為次氯酸鈉濃度 400ppm 之地下水混合液。 B. 中間上半部為 NewStar 之含氯濃度判定表。
C. 右側為次氯酸鈉濃度 40ppm 之地下水混合液。 D. 中間下半部為自來水對照組。

我們經由檢測含氯濃度的實驗結果：

(1) 不論是二林或芳苑的地下水，次氯酸鈉濃度為 400ppm 之地下水混合液，測得其含氯的濃度都介於 50～100 ppm 之間。

(2) 不論是二林或芳苑的地下水，次氯酸鈉濃度為 40ppm 以下之地下水混合液，測得其含氯的濃度，都與自來水的檢測結果一樣皆低於 10 ppm。

(3) 根據上述結果，關於自來水在淨化過程中，「是添加次氯酸鈉進行消毒」以及「消毒的濃度介於 40～400 ppm 之間」，這兩大探究的命題於本實驗中仍舊無法推翻。

五、結論與生活應用

(一) 結論

1. 二林地區自來水的 pH 值介於 8.2～8.5，是因淨化的過程中加入次氯酸鈉所造成的。
2. 二林地區自來水是抽取地下水後，加入次氯酸鈉且以 40～400 ppm 濃度進行消毒的。

表 1：混合液中酸鹼值檢測結果

不同的水溶液	pH 值
4000 ppm NaClO 之**地下水混合液**	10.5
400 ppm NaClO 之**地下水混合液**	8.6
二林自來水	8.2
40 ppm NaClO 之**地下水混合液**	7.9
4 ppm NaClO 之**地下水混合液**	7.6
二林地下水	7.5

表 2：混合液中含氯濃度檢測結果

不同的水溶液	氯濃度(ppm)
4000 ppm NaClO 之**地下水混合液**	500～1000
400 ppm NaClO 之**地下水混合液**	50～100
二林自來水	＜10
40 ppm NaClO 之**地下水混合液**	＜10
4 ppm NaClO 之**地下水混合液**	＜10
二林地下水	＜10

(二) 檢討與反思

1. 美中不足的是最終水中含氯的檢測，礙於研究經費有限，無法採取定量的方式執行。
2. 雖然在檢測含氯濃度時，自來水與地下水混合成濃度 40ppm 以下之次氯酸鈉混合液，皆已低於試紙的偵測範圍，不過在不同的稀釋倍數間，仍可確認該測氯試紙之可信度及其有效性。

(三) 生活應用

酸鹼值與氯濃度之檢測能廣泛運用於生活當中，例如水產養殖中，魚類代謝後也是以含氮廢棄物排出體外，此時運用酸鹼值的檢測就能推測含氮廢棄物是否過高；而氯屬於強力消毒劑，不僅會破壞魚池中的微生物相，濃度過高更會直接傷害魚體，所以水族箱或漁塭中，減少氨與氯就顯得格外重要。本作品是我們科學探究能力之自我訓練，從日常生活小細節的好奇與觀察，藉由理性的思辨、團隊的腦力激盪與文獻探討，逐步確認出研究命題與假設並自行設計實驗來驗證，我們會將這一次完整科學訓練所累積的素養，應用在生命中的每個領域～自發實踐科學精神，且能與夥伴在理性辯證的互動中，一同追求科技帶給世人的共好。

參考資料

王炳鑫（編撰）（2014 年 7 月 23 日）。認識自來水消毒。*深溝水源水文生態園區文史館典藏文物誌*。取自 https://sgwep.water.gov.tw/files/認識自來水消毒王炳鑫著.pdf

巨廷工程顧問股份有限公司（編著）（2006）。*中部地區水資源利用整體檢討規劃*。臺中縣：水利署中區水資源局。

郭憲文（2020）。次氯酸水與漂白水的差別。*HOCl 次氯酸水入口網*。取自 http://www.hclow.org/html_content_upt.aspx?is_active=y&html_id=1156