

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030819

含氧~活性負離子水

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國一 陳彥勳 國一 趙栢証 國一 蔡文浩	指導老師： 賴月琴 簡金標
---	-----------------------------

關鍵詞：自製表面張力儀、廷得耳運動、負離子

「含氧~活性負離子水」

中文摘要

水含有雜質或界面活性劑，表面張力會變小；而且，水溫愈高，水的表面張力也會變低。所以，我們好奇地研究市面的各種水質、甚至可以找到各商品所行銷檢測的代表性數據，研究中我們想以不一樣的製程及獨創設計了便宜、簡便、能判斷比較水質其中的差異。

我們請教專家，自組裝置，製造出高含氧的負離子活性水，以自製表面張力儀測量其與原水或其它水質的表面張力值的不同。除了比較這些水質在物理性上的差異外，我們也研究出化學性的廷得耳效應鑑定高氧水是否已達飽和含氧量；碘-澱粉褪色還原反應以鑑定自組高氧水與其它水質是否含負離子。

研究報告

壹、研究動機

愛美的老媽除了常常爬山享受森林浴外，最近還在和阿伯討論要喝跟得上二十一世紀時代的健康之水-高氧負離子水。我忍不住聽他們大人一直在討論著，後來乾脆上網查高氧水及負離子等資料...

令我懷疑的地方是一般自來水每升只有 3~5 毫克的含氧量，但是市售標榜的包裝高氧水竟可每升高達 150 毫克的含氧量，真的可以高出那麼多？有那麼神奇嗎？至於負離子則看到不少都是空氣清靜機等可釋放負離子，真的有高氧再加上負離子水？這種水和一般水有什麼不同？

太多的疑問，讓我忍不住報名學校的科研社，希望錄取後，能和同伴們研究出一些實際的結果。

貳、研究目的

- 一、比較市面的各種水質並了解各種水質產生的可能原因及功效
- 二、自組製造含氧水的裝置及測定溶氧量的變化
- 三、測試自製含氧水及其它水質的廷得耳效應
- 四、以自製表面張力儀比較不同水質的表面張力
- 五、比較自製含氧水與其它水質的還原力以驗證水質是否含有負離子的研究

參、研究設備器材

一、研究設備及軟體

(一)設備及器材：不銹鋼架、高壓桶、加壓馬達、空氣吸入器、逆止閥、過濾器、單向開關、壓力開關、混合器、電磁閥、數位相機、電腦、銅漆包線、30 公分塑膠直尺、迴紋針、釘書針、投影片、塑膠滴管、熱熔膠及熱熔槍、保麗龍膠、膠帶、雷射筆、筆架及筆夾、燒杯、含氧量測試儀、計時器

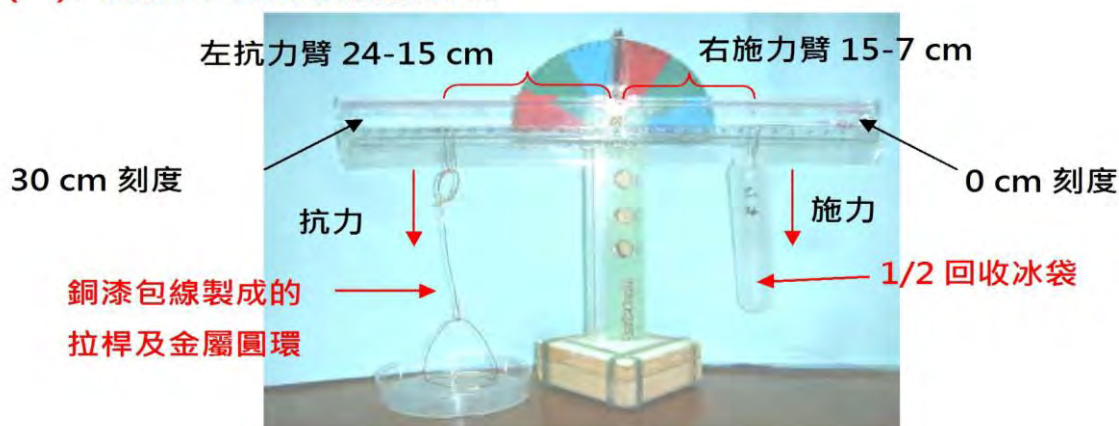
(二)自製器材：等臂輕量天平、銅漆包線拉桿及金屬環、表面張力儀、組裝製造高氧水裝置

(三)藥品及水樣：碘酒、澱粉、逆滲透水、市售礦泉水、純水、竹炭水、山泉水、海洋深層水、金字塔能量磁化水、自來水、自製高氧水

(四)回收材料：1/2 回收冰袋、包裝紙盒及紙板、免洗竹筷、橡皮筋、螺絲、碎形壁報紙、剩飯

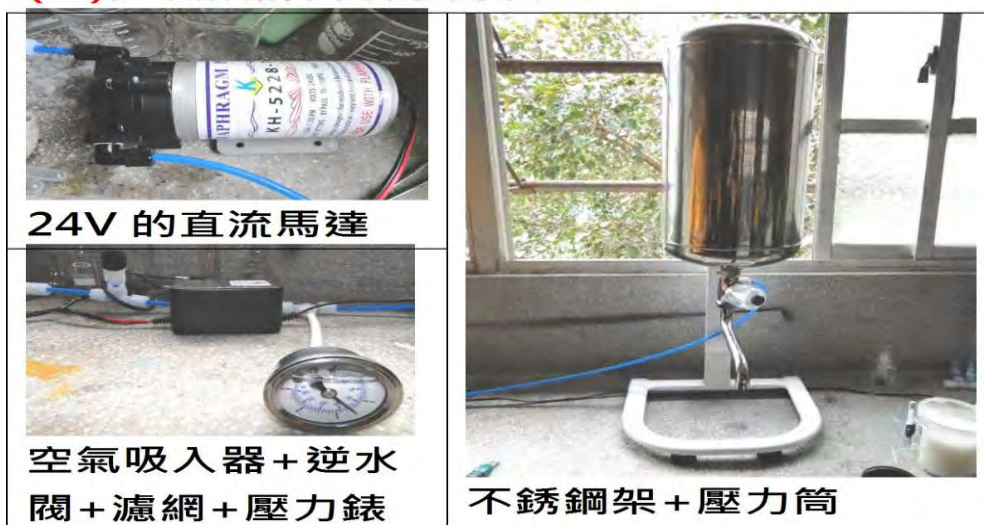
二、裝置及設計

(一)自製天平式的表面張力儀



可測液體表面張力之輕量天平

(二)組裝設計高氧水的裝置



24V 的直流馬達

空氣吸入器+逆水閥+濾網+壓力錶

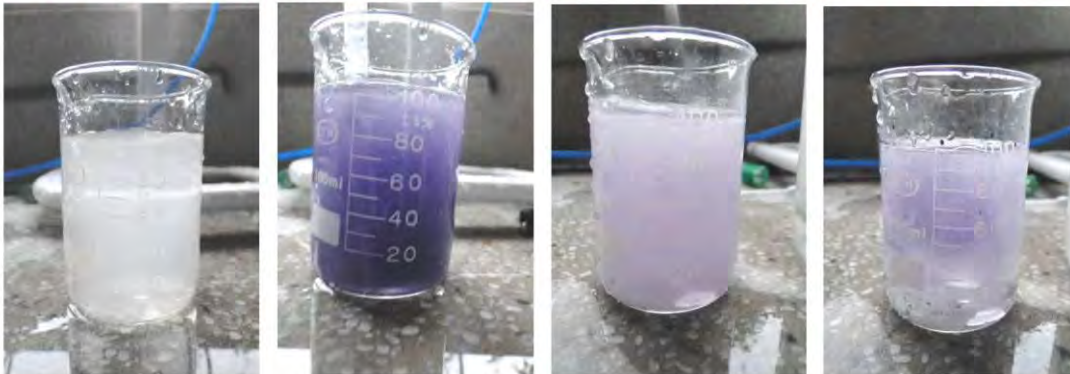
不銹鋼架+壓力筒

(三)以化學性的廷得耳效應鑑定高氧水是否已達飽和含氧量的設計



固定雷射光筆架及光點間距 雷射光筆透過高氧水的廷得耳效應

(四)碘-澱粉褪色還原反應以鑑定自組高氧水與其它水質是否含負離子的設計



自製高氧水 加 1mL 碘-澱粉液 碘分子正被還原中 高氧水的氣泡空腔自
杯底開始逸散消失

肆、研究過程或方法

【研究一、比較市面的各種水質並了解各種水質產生的可能原因及功效】

(一)比較市面的各種水質



最後我們決定實驗比較用水為市售的海洋深層水、礦泉水、淨化純水、竹炭水、山泉水、金字塔能量磁化水、學校逆滲透飲水機的逆滲透水以及自製的高氧水。

(二)了解各種水質產生的可能原因及功效

1. 眾所皆知，目前飲用水污染日趨嚴重，以前的飲水是怕細菌污染，但是現在卻是害怕重金屬、化學毒素、農藥、放射性粒子等工業污染。
2. 連大家已知自來水加氯消毒的同時，水經煮沸後產生致癌物三氯甲烷可使人體新陳代謝嚴重損害。衛生單位提供飲水污染物質對身體的影響製表如下：

污染物	對人體的影響
氯、氧化銅(銅綠)化合物	腎、中樞神經、致癌物質
重金屬化合物、汞、鉛	腎、中樞神經
鈣、鎂氧化物	結石
鋅氧化物	肝、神經
砷(三氧化二砷)	烏腳病、致癌物質
膠質	細菌、病毒、藻類
硫酸鋁、有機磷、農藥	神經系統、肝、腎
氧化鐵	尿毒症、代謝失調

3. 認識各種水質

- (1) 蒸餾水：煮沸後所獲得的純水，純淨無雜質，無礦物質，無法蒸發排出化學污染物，而可能使污染物在體內濃縮
- (2) 逆滲透水：是目前市面上最暢銷的淨水器之一。採用逆滲透膜，利用逆滲透原理，讓自來水由高濃度的一邊滲透到底濃度的一邊，因薄膜緊密且孔隙小，可將水中各種雜質、礦物質、有機物等全濾除，幾乎快變成和純水一樣。
- (3) 礦泉水：簡單地說，含礦物質的水。
- (4) 電解水：以電解水生成器將水處理為鹼性水，可中和人體酸鹼值，消除氧化自由基，但是水源不對或設備不良，反而喝入有害身體的重金屬水。
- (5) 海洋深層水：簡單地說，就是富含礦物質較不受污染的水。
- (6) 高氧水：用高壓馬達將水送入高壓桶內，且於入水處加裝一個空氣吸入器，使水和空氣在高壓下進行融合，如同瀑布的壓力進入桶內與桶內的空氣接觸。
- (7) 磁化水：導電流體為「水」時，由於磁流體的作用，在水流中產生感應電場，部份水分子電離為 H^+ 和 OH^- ，其餘水分子氫鍵疏鬆，水就分散成小分子團水。
- (8) 負離子：又稱「空氣維他命」。瀑布、溪水、噴泉的四濺水花、植物光合作用製造的氧氣、太陽的紫外線等，均能產生「負離子」。

【研究二、自組製造含氧水的裝置及測定溶氧量的變化】

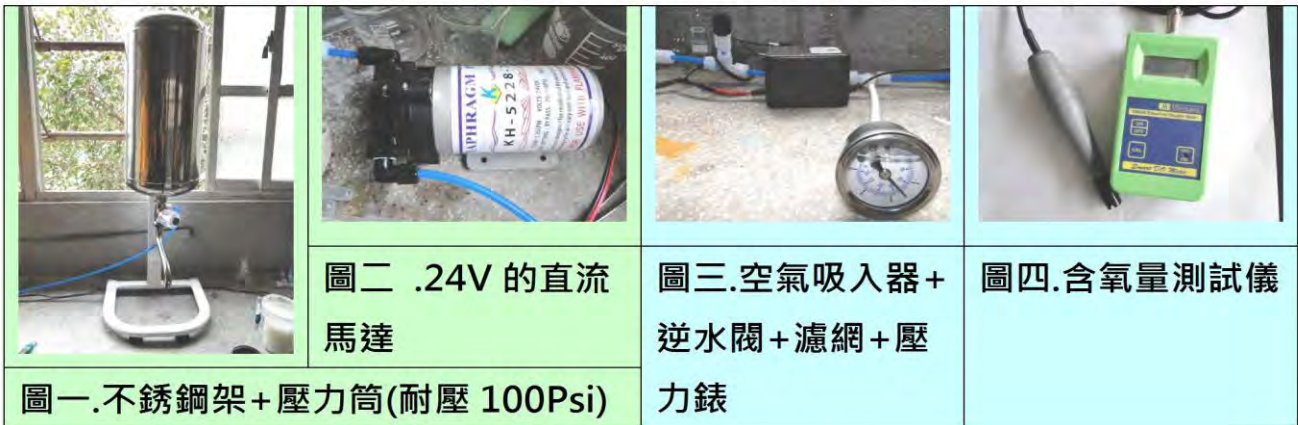
(一)溶解氧(DO)

指溶解於水中的氧含量，以每公升水中氧氣的毫克數表示(ppm)。溶解氧高有利於對水體中各類污染物的降解，使水體較快得以淨化。

在比較清澈的河流和湖泊中，溶解氧一般在 7.5mg/L 以上；當溶解在 5mg/L 以下時，各種浮游生物不能生存；當溶解氧在 2mg/L 以下時，水體就會發臭。這也是評定地面水，工業、農業、漁類用水的依據。

(二)氧在水中的溶解度與溫度和壓力的關係

溫度愈高，氧在水中的溶解度就愈低；而壓力愈大，氧在水中的溶解度就會提高。自製高氧水，而且讓高壓氧在高壓桶內滯留時間長一些。裝置如下圖：



實驗一、自製高氧水在高壓桶內滯留不同時間後偵測飽和含氧量的變化值

操作步驟：

- 1.先將裝置組裝好如上圖一。
- 2.以 24V 的直流馬達將水送入高壓桶內，並於入水處加裝一個空氣吸入器，使水在流動時，同時把空氣打入桶中。(原本想裝 2 個空氣吸入器，但後來測試，飽和含氧量並不會因此而提高)
- 3.使水及空氣在高壓桶中進行融合。
- 4.約三分鐘後，當壓力錶呈現 60 Psi 後，即停止送高壓水及空氣，立即流出 500mL 水量，偵測每 30 秒的飽和含氧量值。
- 5.讓高壓氧在高壓桶中滯留二小時、四小時、六小時及二十四小時後，再如步驟 4，流出 500mL 水量，偵測每 30 秒的飽和含氧量值。



【研究三、測試自製含氧水及其它水質的廷得耳效應】

(一)廷得耳效應(Tyndall effect)：






愛爾蘭科學家 John Tyndall 所發現，此效應是由光的散射作用引起的，主要是鑑定是否為膠體物質的極有效方法。當一束光線通過膠體，可從入射光的垂直方向上，在溶液中看到一條光柱。如果溶液為真溶液，因溶質分子粒徑太小(小於 1nm 的顆粒)，則無法從溶液中看到一條光柱，反之，粒子粒徑大於 1nm 的大小則可在溶液中看到光在溶液中反射的一條光柱。

(二)自製高氧水居然也能讓一束光呈現廷得耳效應的光散射作用

因為自製高氧水一開始流出時，外觀呈現白色，再逐漸由底部往上消失而變成透明無色，我們可以將這些暫時性的氣泡空腔逐漸消失的過程視為由大顆粒膠體粒子溶於水中變成粒徑小於 1nm 分子大小的過程。

至於高氧水一開始呈現的白色，我們推想是高壓空氣在水中已達氣體溶解的飽和量，而剩餘的氣體形成的氣泡空腔無法吸收外界的各種光源而全部反射或穿透的結果。因為根據光的吸收、反射及穿透原理，白色紙面可反射各種色光，不管是混合紅光、藍光及綠光(光的三原色)以上的色光也好；還是直接反射混合色光的白光也罷，氣泡空腔內的氣體均無法吸收各類色光而呈現混合色光的白色。

所以，我們以廷得耳效應光柱消失的時間，當做可偵測常壓下水的飽和含氧量極限值。

		
高氧水一從高壓桶中流出就呈現白色	裝滿一整瓶時，外觀看起來完全呈膠態狀	放置一小段時間，白色就逐漸由底部往上變成透明無色
		
放置水瓶，調整鐵架、鐵夾及置放水瓶的位置	重新調整背景及光點位置	俯視圖

實驗二、各種水質的廷得耳效應

操作步驟：

- 1.以回收洗淨的透明無色塑膠瓶當水瓶。(避免放在高處掉下而破裂)
- 2.每種水先觀察外觀後記錄之。
- 3.將雷射光筆置於筆架上，調整雷射光路徑的長短，並固定好裝置。
- 4.以筆夾夾住雷射光筆的開關處，使光線維持一定的路徑後，以同一水瓶規格，依序裝各種水樣，放置在定點照雷射光後，記錄各水樣有無廷得耳效應的光束。

實驗三、自製高氧水及各種水樣測量光路徑以比較廷得耳效應

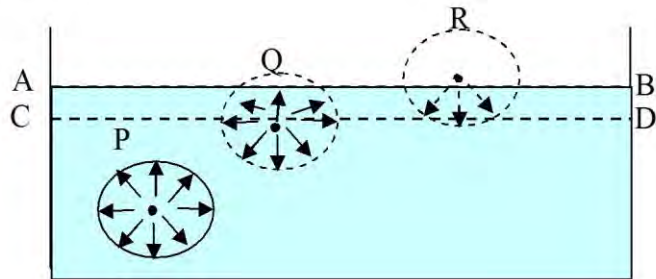
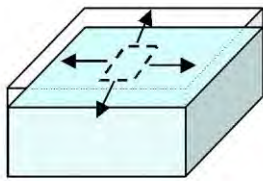
操作步驟：

- 1.先準備雷射光筆、鐵架及鐵夾、碼錶、相機、自製高氧水與各種水。
- 2.紙板上貼白紙當拍照背景、1000mL 燒杯當底座架、以回收洗淨完全透明無刮痕的塑膠瓶，當換裝各種水樣的測量瓶。
- 3.固定雷射光筆與各種水樣的距離。
- 4.每 5 秒拍攝相片，觀察持續至廷得耳光路徑看不見且只看到白紙上呈現最亮光點的時間。

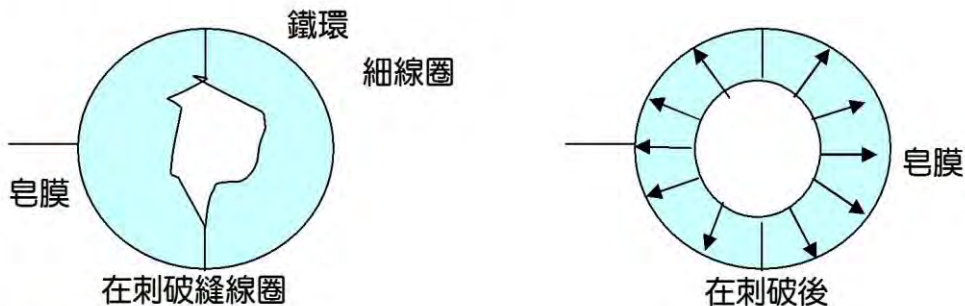
【研究四、自製表面張力儀比較不同水質的表面張力】

(一)表面張力的原理

- 1.表面張力形成的原因是內聚力(cohesion force)：同類分子間的吸引力，如水分子與水分子。
- 2.表面張力(surface tension)：
 - (1)在液體內部的分子因各方向的內聚力互相抵消使得合力為零。如 P 點。
 - (2)在液體表層各點的分子則受到向下的淨力，使得液面向內收縮。
 - (3)在液體表面有一層膜因分子間引力而受垂直向下的內聚力，厚度約 10 埃。此層分子間因引力方向向下，故位能較高，自然界的趨勢是位能愈小愈好，也就是說在此膜中的分子數是愈少愈好，因為膜的厚度大約固定，導致此膜的表面積是愈小愈好。此平行於液面欲縮小其面積的分力即稱為表面張力。

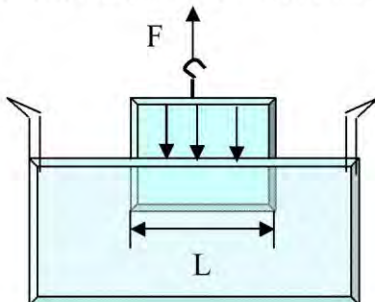


- 3.表面張力的簡易測試實驗：在圓形金屬框上沾有肥皂泡膜，若將肥皂泡膜上細線圈內部的皂膜刺破，則細線圈將被液體的表面張力拉成圓形。一定長度的細線，以圓形所包圍的面積最大。故表面張力將剩餘肥皂泡膜的表面積拉至最小。



(二)、表面張力的測量原理

- 1.表面張力：作用於液體表面，使表面積縮至最小的力，以一定體積的液體而言，其表面積以圓球形最小。
- 2.表面張力定義：
 - (1)表面張力為液體表面接觸邊緣，每單位長度上所受的垂直拉力。

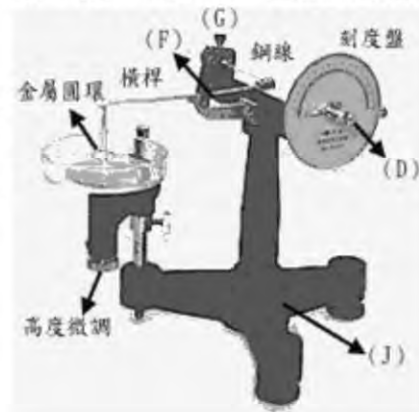


$$\text{表面張力 } T = \frac{F}{\text{接觸長度}} = \frac{F}{2L}$$

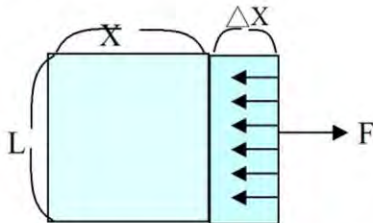
其中線框上的薄膜有兩面，故 U 形框與液面接觸長度應為 $2L$

(三) 研究高中天平法測量表面張力實驗設計原理

1. 傳統表面張力測定儀：一般都用貴重的 Du Nouy 張力計，如下圖所示。但操作步驟複雜且不易校正。



2. 其設計原理為，將一金屬圓環浸在液體中，再提到表面以上時，液體表面積將增加，即需要作功，此功等於增加的表面積乘以表面張力，也就是需要用力去提起金屬環。



施力對液體作功，使液體表面積增加，位能升高。 $W(\text{功})=F(\text{外力})\Delta X(\text{位移})$

$$W=(F/L)\times(L\times\Delta X)=F/L\times(\Delta A)\therefore F/L=W/\Delta A$$

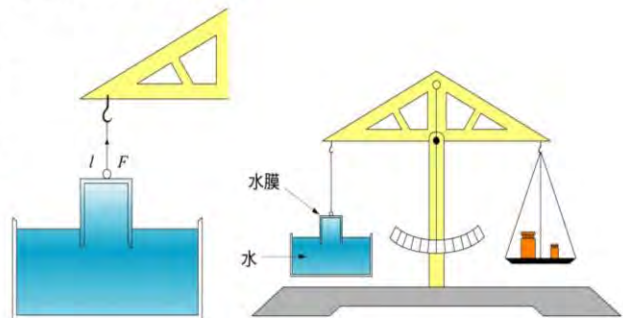
表面張力即為液體表面每單位面積所儲存的位能。

3. 根據查資料(二)高中版龍騰文化所得，可用下圖天平法測表面張力

設環長為 ℓ ，液面至金屬環提到到液膜破裂的距離 h ，為而且因為薄液膜有兩個面，所以實際上表面積的增加有兩倍，即 $2\ell h$ ，故所作的功 W 為 $W = F \cdot h = 2\ell h \cdot T \therefore T = \frac{F}{2\ell}$ ，其中 T 是表面張力， F 表拉力。

力， F 表拉力。

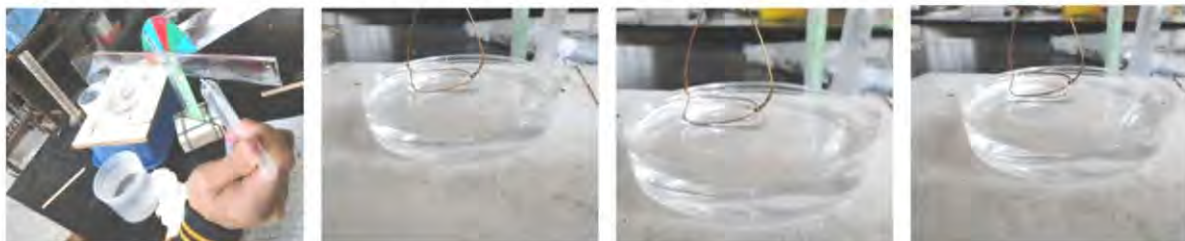
所以，實驗設計的重點是「用已知長度的線圈置放於待測液體表面，再精確的測量出垂直拉離線圈的力」。



設純水的表面張力 T_1 ，那麼只要實驗測出純水與待測液體相對應的拉力 F_1 與 F_2 ，則

$$\text{待測液體的表面張力 } T_2 \text{ 為 } \frac{T_2}{T_1} = \frac{F_2/2\ell}{F_1/2\ell} \therefore T_2 = T_1 \cdot \frac{F_2}{F_1}$$

4. 直接測量液體表面張力的計算式為 $T=F/2L$ 。所以，實驗設計的重點是「用已知長度的線圈置放於待測液體表面，再精確的測量出垂直拉離線圈的力」。



5. 我們以天平右端迴紋針吊 1/2 冰袋，滴逆滲透水滴為施力；左方金屬拉桿+10 公分銅漆包線圓環+液體表面張力乘 2 倍圓環長度為抗力；以力矩平衡原理【施力×施力臂=抗力×抗力臂】，測出滴下逆滲透水滴的滴數，再換算出左側各種水樣的表面張力值。

實驗四、以自製表面張力儀測表面張力值 20~70 達因/公分的標準品對照查表的表面張力值

操作步驟：

1. 回收冰棍袋，經過以釘書針數來校正標示其質量，發現所剪下的下方冰袋質量幾乎相當於 75 或 76 支釘書針的質量，每個 1/2 冰袋外均以奇異筆標示相等於釘書針的釘數。
2. 以銅漆包線製成的金屬圓環及拉桿：金屬圓環以直尺量測約 10 公分多一些的長度繞成橢圓形後圈住固定，另一端則拉直，尾端圈 2~3 圈成拉桿。
3. 以拉桿依序將各種規格的金屬圓環置放入裝有逆滲透水的培養皿中。
4. 以輕量天平右吊盤滴逆滲透水當液態砝碼，當滴入水滴數使左側金屬圓環脫離液面時，記錄右側滴水滴數。
5. 將右吊盤冰袋內的水倒出並甩乾，掛回右側迴紋針、校正力臂後，再重覆測量一次，共測量十次，取平均值(滴數差異超過 10%的捨棄不計入十次內)。
6. 將逆滲透水樣換成試藥級酒精、試藥級甘油、特級市售 100%橄欖油(維多特級冷壓橄欖油 VENDOLA EXTRA VIRGIN OLIVE OIL 100% 1L 希臘極優品質)，再如步驟 4~5 操作之。
7. 將全部待測液樣同一天測試完後，分析數據，換算出表面張力值後，與各液體查表的表面張力值對照。

實驗五、以自製表面張力儀測定自製高氧水及各種水樣的表面張力值

操作步驟：

1. 將培養皿中依序裝入同體積的各種水樣，如實驗四的步驟 1~5 測量之。
2. 將全部待測水樣同一天測試完後，分析數據，換算出各水質的表面張力值後比較之。

【研究五、比較自製含氧水與其它水質的還原力以驗證水質是否含有負離子究】

(一)我們拜訪專門生產製水機的廠商，向他請教負離子是如何檢驗的？他說，他是將水樣直接送到 SGS 超微量工業安全實驗室(Ultra Trace & Industrial Hygiene)去檢驗，以取得公信力。我們抄的檢驗內容如下：

【檢驗儀器名稱：Anion Detector/Inti ITC-201A

儀器偵測範圍：1~1236000 single/c.c.

環境中負離子數：480 single/c.c.

測試方法：將樣品放置於室內空間，距產品 3cm 處，並以負離子直讀式儀器進行連續即時監測 10 分鐘。】

(二)查網站上的負離子偵測器也是類似的儀器及測試方法。有些還特別強調需流動性的水流或氣流才容易產生負離子？為此，我們還特別請教製水機，負離子含量多寡及存在時間，他也很實在的說，靜態的水，負離子存在量很少。

(三)負離子偵測儀太貴，我們想用簡單的方式來進行偵測及比較各種水樣。既然是偵測負離子，那用帶正電的有色正離子做成凝膠塗抹玻片，靠近流動水樣來試試看？為了避免負離子逸散到空氣中，我們以回收的六角塑膠瓶貼塗抹有色正離子凝膠來測試...。發現，氣相與固相的接觸碰撞不如預期，看不出明顯的變化。



(四)最後，我們大膽假設，水中可以存在負離子，是否也可以存在電子？氧分子是電中性的，它的活性不小，是否也可包覆或抓取一些負電的電子？最後，我們決定用氧化還原的化學方法來試試看各種水樣的還原力。

(五)一年級時我們已做過黃褐色的碘酒與澱粉的反應可產生藍黑色物質，老師說，碘分子可與澱粉螯合成藍黑色物質，一旦碘分子得到電子變成碘負離子時，藍黑色物質就可能消失不見了。這是真的嗎？

實驗六、以自製藍黑色碘-澱粉液測定自製高氧水及各種水樣的負離子還原力

操作步驟：

- 1.將剩飯置於研鉢中，加一些熱水研磨成飯漿，使飯漿水呈現不透明的程度，即可加入碘液，靜置到第二天取上部深藍色膠狀溶液備用。
- 2.各加 1mL 已製備好的碘-澱粉深藍色膠狀溶液於 100mL 高氧水及自來水中(兩杯水均剛自水龍頭中流出)。
- 3.兩杯水均在接水後的 5 秒內加入深藍色碘-澱粉液)。
- 4.兩杯水各自用不同支的玻璃棒攪拌，以免交叉水樣而影響判斷結果。



(六)為了更清楚觀測自製高氧水中負離子還原藍黑色碘-澱粉液的過程，我們決定快速拍攝其還原褪色過程：

實驗七、以自製藍黑色碘-澱粉液測定自製高氧水的負離子還原力之褪色過程

操作步驟：

- 1.取 100mL 自製高氧水。
- 2.在 5 秒內快速滴入 1mL 深藍色碘-澱粉液。
- 3.以玻棒快速攪拌後，靜置觀察。

(七)我們推測：以同濃度同體積的深藍色碘-澱粉液比較不同的水樣的還原力，負離子含量高者，碘分子被還原成無色的碘離子就較多，深藍色的色度就變淺。

以下是我們準備要測試的九種水樣



實驗八、以自製藍黑色碘-澱粉液測定比較市售水樣與自製高氧水的負離子褪色還原力

操作步驟：

- 1.取 100mL 各種市售水樣，逆滲透水、自來水及自製高氧水，如上圖。
- 2.依序在各杯水樣中快速滴入 1mL 深藍色碘-澱粉液。
- 3.各以玻棒快速攪拌後，靜置觀察並拍照。

伍、討論與結論

(一)、比較市面的各種水質並了解各種水質產生的可能原因及功效

1.收集市售各家代表性資料彙整各式飲水機的比較如下：

種類	1.逆滲透水	2.電解水	3.金字塔能量水	4.紫外線殺菌
氯	完全去除	部分去除	完全去除	完全去除
農藥	可能去除	部分去除	完全去除	部分去除
重金屬*註 ²	可能去除	無法去除	完全去除	無法去除
大腸桿菌、 霍亂弧菌	完全去除	無法去除	完全去除	部分殺死
保留礦物質 及微量元素	無法保留	無法保留	完全保留	紫外線的高溫使 水中礦物質變固 態
機器成本	(平均 5 年壽命) 9000/5/365 天=4.9 元/天	(平均 5 年壽 命)32000/5/365 天=17.5 元/天	(平均 15 年壽 命)38800/15/365 天 =7.0 元/天	(平均 5 年壽 命)24000/5/365 天=13.1 元/天
1.馬達 2.電解極板. 3.壓縮活性碳 濾芯 4.紫外線燈管	(平均 1.5 年壽命) 1500/1.5/365 天 =2.7 元/天	3000/1.5/365 天 =5.4 元/天	(1500 加侖，約 1 年) 3885/365 =10.6 元/天	(平均 5 年壽 命)1800/5/365 天 =0.98 元/天
電子控制器	(平均 1.5 年壽 命)1000/1.5/365 天=1.8 元/天	無	無	無
R.O 膜	(平均 2 年壽 命)5000 元/2/365 天=6.8 元/天	無	無	無
濾芯	(每 3 個月 800 元)800 元/90 天 =8.8 元/天	(每 6 個月 1600 元)1600 元/180 天 =8.8 元/天	(陶瓷濾芯約 2 年)1575 元 /2/365=2.1 元/天	(每 6 個月 1800 元)1800 元/180 天 =10 元/天
電費	(每個月增加約 60 元)60 元/30 天=2.0 元/天	(每個月增加約 40 元)40 元/30 天 =1.3 元/天	無	(每個月增加約 40 元)40 元/30 天 =1.3 元/天
水費	(以 5 人每天 3 公 升/排廢水 12~18 公升)平均 1.0 元/ 天	(以 5 人每天 3 公 升)平均 0.3 元/天	(以 5 人每天 3 公 升)平均 0.3 元/天	(以 5 人每天 3 公 升)平均 0.3 元/天
每天費用	約 28.0 元	約 32.8 元	約 20.0 元	約 25.6 元

*註¹ 水煮沸後所產生的三鹵甲烷已被證實為嚴重致癌物。

*註² 重金屬影響中樞神經

2. 代表性各水質比較

水質	自來水	逆滲透水	蒸餾水	電解水	磁化活水
特點	加氯進行消毒殺菌	用逆滲透膜將水中各種物質濾除	煮沸後所獲得的純水	以電解水生成器將水處理為鹼性水	水分子細小，可幫助新陳代謝
優點	避免部份疾病感染	純淨無雜質	純淨無雜質	中和人體酸鹼值，消除氧化自由基	純淨又保有適量礦物質
缺點	有提高致癌機率之虞	連有益身體的礦物質成分也被除去	連有益身體的礦物質成分也被除去。如有化學污染無法蒸發排出，可能因此變成污染物之濃縮水	水源不對或設備不良，反而喝入有害身體的重金屬水	大家對此水質的特性不清，市售的產品良莠不齊

(二)、自組製造含氧水的裝置及測定溶氧量的變化

1. 實驗一、自製高氧水在高壓桶內滯留不同時間後偵測飽和含氧量的變化值結果為：

(1) 氣壓 60 Psi，滯留時間 立即測量，測量水樣體積 500mL。飽和含氧量 11.6 ppm。

時間	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒
含氧量(ppm)	11.6	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9
時間	240 秒	270 秒	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒
含氧量(ppm)	10.9	10.8	10.8	10.7	10.7	10.7	10.7

(2) 氣壓 60 Psi，滯留時間 2 小時，測量水樣體積 500mL。飽和含氧量 12.4 ppm。

時間	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒
含氧量(ppm)	12.4	11.7	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9
時間	240 秒	270 秒	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒
含氧量(ppm)	10.7	10.7	10.6	10.6	10.5	10.5	10.5

(3) 氣壓 60 Psi，滯留時間 4 小時，測量水樣體積 500mL。飽和含氧量 12.0 ppm。

時間	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒
含氧量(ppm)	12.0	11.9	11.4	11.4	11.4	11.3	11.2
時間	240 秒	270 秒	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒
含氧量(ppm)	11.1	11.1	11.1	11.1	11.0	10.9	10.8

(4) 氣壓 60 Psi，滯留時間 6 小時，測量水樣體積 500mL。飽和含氧量 13.5 ppm。

時間	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒
含氧量(ppm)	13.5	13.0	12.7	12.4	12.2	12.1	11.9
時間	240 秒	270 秒	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒
含氧量(ppm)	11.9	11.8	11.7	11.7	11.6	11.5	11.5

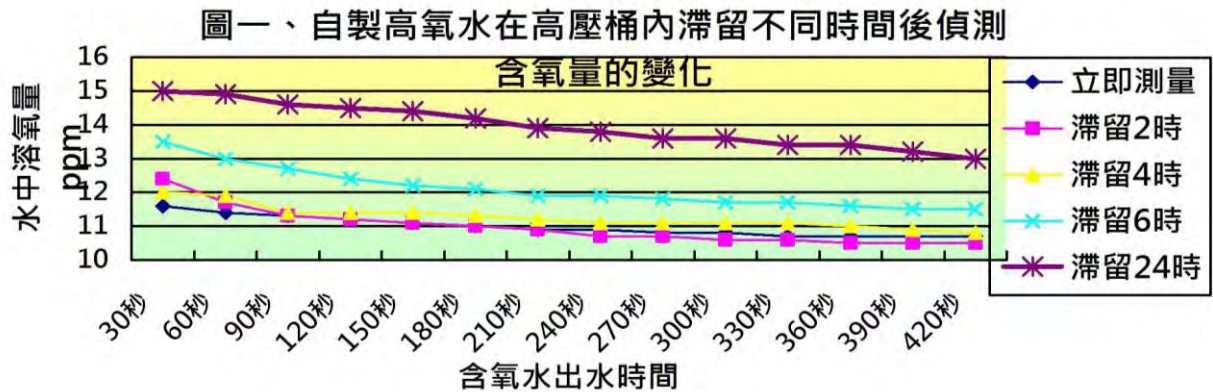
(5) 氣壓 60 Psi，滯留時間 24 小時，測量水樣體積 500mL。飽和含氧量 15.0ppm。

時間	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒
含氧量(ppm)	15.0	14.9	14.6	14.5	14.4	14.2	13.9

時間	240 秒	270 秒	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒
含氧量(ppm)	13.8	13.6	13.6	13.4	13.4	13.2	13.0

實驗一、自製高氧水在高壓桶內滯留不同時間後偵測飽和含氧量的變化值

(1) 氣壓 60 Psi · 滯留時間 立即~24 時 · 飽和含氧量 11.6~15.0 ppm



2. 自製高氧水在高壓桶內滯留不同時間後，每次流出 500mL 水量，發現偵測飽和含氧量的變化值均隨靜置時間的增加而略有下降。而讓高壓氧在高壓桶中滯留時間愈多，飽和含氧量也有明顯的增加。

(三)、測試自製含氧水及其它水質的廷得耳效應

1. 自製高氧水也能呈現廷得耳效應的溶液光束

查氮氣對水的溶解度約 1.49%、氧氣對水的溶解度約 4.89%，氧對水的溶解度為氮的三倍多。因為壓力桶承受注入高壓的空氣量，氧溶於水中，是否也象徵含量更多的氮會不會也部份溶解其中，對水質影響如何不得而知？而且本人極度懷疑，如果氮氧在水中的溶解度差很多，測量水中含氧量值已達最大值(飽和時)那白色水所代表的小氣泡是否大部份為氮氣體及少部份的氧氣所形成的氣泡空腔？

2. 所以，自製高氧水一開始流出時，因為外觀呈現白色(大多數是氮氣未能溶於水中所形成的氣泡空腔)，再逐漸由底部往上變成透明無色，我們可以將這些暫時性的氣泡空腔視為由大顆粒膠體變小再逐漸消失的情形。所以，我們以廷得耳效應光柱消失的時間，當做可偵測常壓下大小不同分子團水的飽和含氧量極限值。

3.

實驗二、各種水質的廷得耳效應




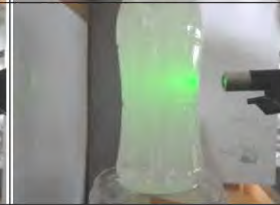



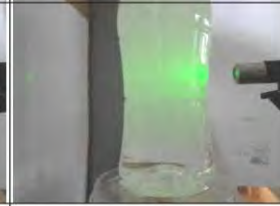














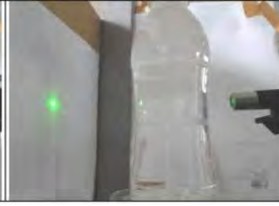
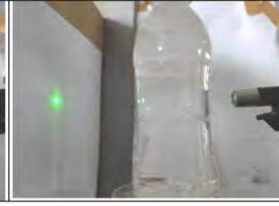
水質種類	自來水	逆滲透水	自製高氧水	純水	礦泉水	深層水	竹炭水	山泉水	金字塔能量水
外觀	無色	無色	剛開始時白色·後來變無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
廷得耳效應	無	無	氣泡空腔未逸散 時有明顯光路徑	無	無	無	無	有一條很細的光路徑	無

5.

實驗三、自製高氧水及各種水樣測量光路徑以比較廷得耳效應

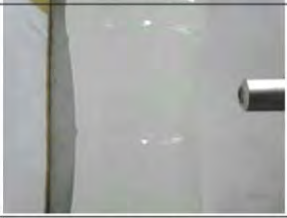





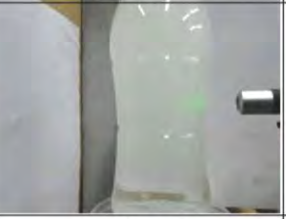


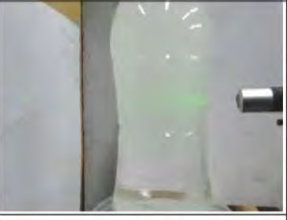
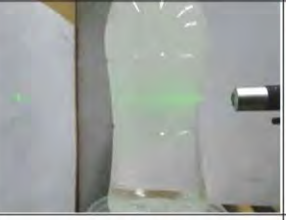






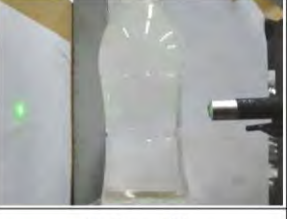






(1)自製高氧水，氣壓 60 Psi，放置時間 立即測量 時，

飽和含氧量 11.6 ppm。廷得耳效應消失時間 110~115 秒。




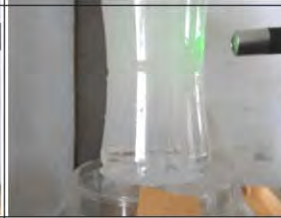





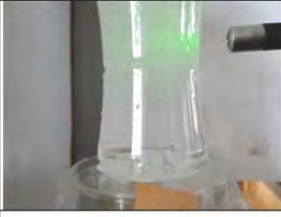














時間	0 秒	5 秒	10 秒	15 秒
圖示				
時間	20 秒	25 秒	30 秒	35 秒
圖示				
時間	40 秒	45 秒	50 秒	55 秒
圖示				
時間	60 秒	65 秒	70 秒	75 秒
圖示				
時間	80 秒	85 秒	90 秒	95 秒
圖示				
時間	100 秒	105 秒	110 秒	115 秒
圖示				

(2)自製高氧水，氣壓 60 Psi，放置時間 2 時，







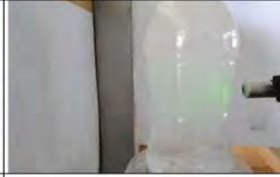















飽和含氧量 12.4 ppm。廷得耳效應消失時間 100~105 秒。

時間	0 秒	5 秒	10 秒	15 秒
圖示				
時間	20 秒	25 秒	30 秒	35 秒
圖示				
時間	40 秒	45 秒	50 秒	55 秒
圖示				
時間	60 秒	65 秒	70 秒	75 秒
圖示				
時間	80 秒	85 秒	90 秒	95 秒
圖示				
時間	100 秒	105 秒	110 秒	115 秒
圖示				

(3)氣壓 60 Psi，放置時間 4 時，飽和含氧量 12 ppm。
 廷得耳效應消失時間 110~115 秒。

時間	0 秒	5 秒	10 秒	15 秒
圖示				
時間	20 秒	25 秒	30 秒	35 秒
圖示				
時間	40 秒	45 秒	50 秒	55 秒
圖示				
時間	60 秒	65 秒	70 秒	75 秒
圖示				
時間	80 秒	85 秒	90 秒	95 秒
圖示				
時間	100 秒	105 秒	110 秒	115 秒
圖示				

(4)氣壓 60 Psi，放置時間 24 時，飽和含氧量 15 ppm。
 廷得耳效應消失時間 100~105 秒。

時間	0 秒	5 秒	10 秒	15 秒
圖示				
時間	20 秒	25 秒	30 秒	35 秒
圖示				
時間	40 秒	45 秒	50 秒	55 秒
圖示				
時間	60 秒	65 秒	70 秒	75 秒
圖示				
時間	80 秒	85 秒	90 秒	95 秒
圖示				
時間	100 秒	105 秒		
圖示				

(5)自製高氧水及各種水樣測量光路徑以比較廷得耳效應

每 5 秒拍攝相片，觀察持續至廷得耳光路徑看不見且只看到白紙上呈現最亮光點的時間。
 (除了自製高氧水有持續一段時間的廷得耳效應，最後氣泡空腔消失，水樣變無色時，廷得耳的光束路徑也跟著消失外，其它水樣結果卻只有山泉水有一條細微的光路。)

(四)以自製表面張力儀測表面張力值 20~70 達因/公分的標準品對照查表的表面張力值

自製表面張力儀	左抗力(拉桿及金屬圓環)(gw)	左抗力臂(cm)	右施力(1/2 冰袋重)(gw)	右施力臂(cm)
歸零平衡時	1.3916	24-15=9	1.5656	15-7=8

1/2 冰袋重相當於 76 支釘書針(每支針平均質量為 0.0206g)的質量=76*0.0206g=1.5656g

根據力矩槓桿平衡原理：施力×施力臂=抗力×抗力臂，∴左拉桿及金屬圓環的抗力為：

$$1.5656 * 8 \div 9 = 1.3916(\text{gw})$$

金屬圓環置於液中	液體拉力(gw)	左臂(cm)	右施力(1/2 冰袋重+液滴重)(gw)	右臂(cm)
22°C 逆滲透水中	3.05495-1.3916=1.6633	9	34.0 滴水 *0.0550357+1.5656=3.436814	8
22°C 甘油中	2.9082-1.3916=1.5165	9	31.0*0.0550357+1.5656=3.271707	8
22°C 橄欖油中	2.2722-1.3916=0.8806	9	18.0*0.0550357+1.5656=2.3361	8
22°C 酒精中	2.0765-1.3916=0.6849	9	14.0*0.0550357+1.5656=2.556243	8

液態砝碼的水滴重：平均每滴水為 0.0550357g

根據槓桿原理的左抗力為拉桿、金屬圓環及液體拉力總重，∴算表面張力時須把抗力總值減去拉桿及金屬圓環重以後，再除以 2 倍的金屬線長度才行。

由實驗推算 22°C 逆滲透水面張力(dyne/cm)= 液體拉力/金屬圓環的 2 倍=F/2L

$$=1.6633 \text{ gw} * 980\text{cm/s}^2 \div 20(\text{cm}) = 81.5039 \text{ dyne/cm}$$

∴金屬圓環以超過 10 公分長度的漆包線來繞圈的長度須修正，以及左右兩臂取整數的長度，所以，上式結果乘上修正係數 0.85 的值 81.5039*0.85=69.28(dyne/cm)

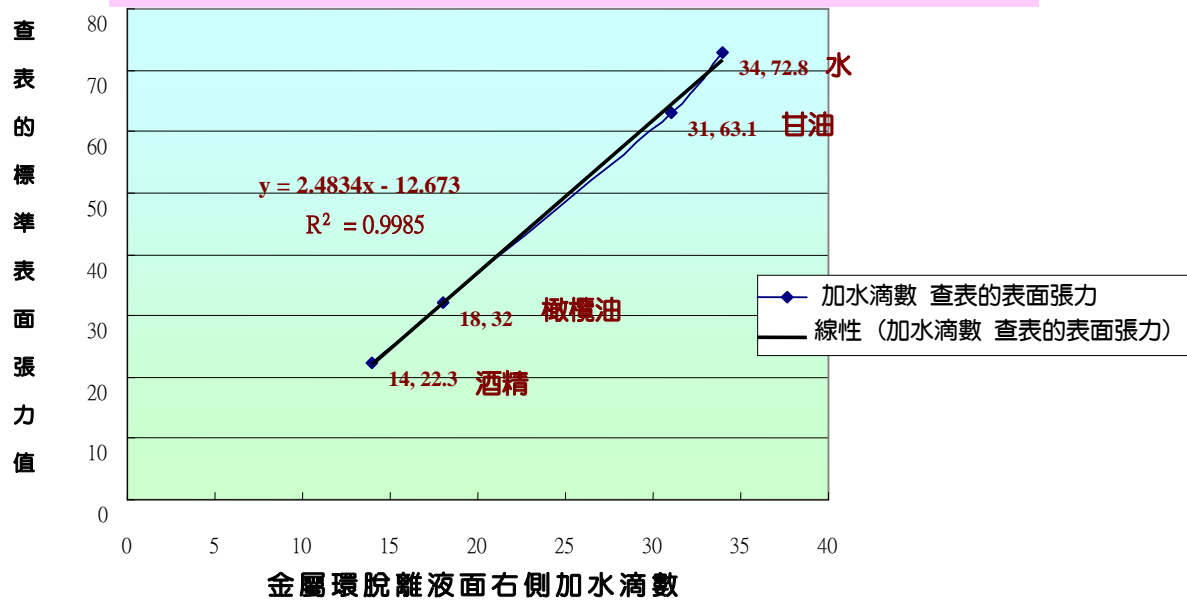
實驗推算 22°C 甘油表面張力= 1.565 gw * 980cm/s²÷20(cm) * 0.85=63.17(dyne/cm)

22°C 橄欖油表面張力=0.8806 gw * 980cm/s²÷20(cm) * 0.85=36.68(dyne/cm)

22°C 酒精表面張力=0.6849 gw * 980cm/s²÷20(cm) * 0.85=28.53(dyne/cm)

標準樣品	逆滲透水	甘油	橄欖油	酒精
右側加水滴數	34	31	18	14
查表的表面張力(dyne/cm)	72.8	63.1	32	22.3
圖示方程式計算的表面張力(dyne/cm)	71.76	64.31	32.03	22.09
以力矩實算*修正係數的表面張力(dyne/cm)	69.28	63.17	36.68	28.53

圖一、自製第二代輕量天平測表面張力與查表標準表面張力對照圖



由右側加水滴數對查表的標準表面張力值作圖，居然偵測值與趨勢線的線性關係相當令人滿意，相關係數達 0.9985。(感謝本校物理組的學姐及學長提供的方法及指導設計、操作及計算方法)

(五)以自製表面張力儀比較不同水質的表面張力

1.我們以□徑較小滴管提高右側逆滲透水滴數，以減少誤差，所測各種水質的表面張力值為

水質種類	自來水	逆滲透水	自製高氧水	純水	礦泉水	深層水	竹炭水	山泉水	金字塔能量水
10cm 拉環脫離左側各種水樣表面的右側逆滲透水滴數	40	45	54	48	45	43	45	42	49
	39	44	52	47	45	44	43	43	47
	41	46	53	49	44	42	43	43	48
	40	44	53	48	46	42	44	43	48
	42	45	54	48	45	44	42	41	49
	43	44	54	46	47	43	43	43	50
	41	45	56	50	44	43	44	44	46
	42	45	55	49	45	42	43	43	47
	41	46	55	48	44	44	41	41	45
	41	47	54	48	48	44	43	43	49
	42	50	54	49	44	44	42	42	51
	42	44	55	47	41	42	44	44	48
	41	43	55	51	47	43	43	43	48
	42	50	56	50	45	43	42	42	49

各種水樣 平均右施 力水滴數	41.2	45.6	54.3	48.4	45.0	43.1	43.0	42.6	48.1
表面張力 值 dyne/cm	65.73	72.75	86.63	77.22	71.79	68.76	68.60	67.96	76.74

2.同實驗四的表面張力公式推算：設逆滲透水的表面張力 T_1 ，那麼只要實驗測出逆滲透水與待測液體相對應的拉力 F_1 與 F_2 ，則

$$\text{待測液體的表面張力 } T_2 \text{ 為 } \frac{T_2}{T_1} = \frac{F_2/2l}{F_1/2l} \therefore T_2 = T_1 \cdot \frac{F_2}{F_1}$$

將逆滲透水表面張力當已知測定值 = 72.75 (dyne/cm)

自來水表面張力 = 72.75 × 41.2 ÷ 45.6 = 65.73 (dyne/cm)

自製高氧水表面張力 = 72.75 × 54.3 ÷ 45.6 = 86.63 (dyne/cm)

純水表面張力 = 72.75 × 48.4 ÷ 45.6 = 77.22 (dyne/cm)

礦泉水表面張力 = 72.75 × 45.0 ÷ 45.6 = 71.79 (dyne/cm)

深層水表面張力 = 72.75 × 43.1 ÷ 45.6 = 68.76 (dyne/cm)

竹炭水表面張力 = 72.75 × 43.0 ÷ 45.6 = 68.60 (dyne/cm)

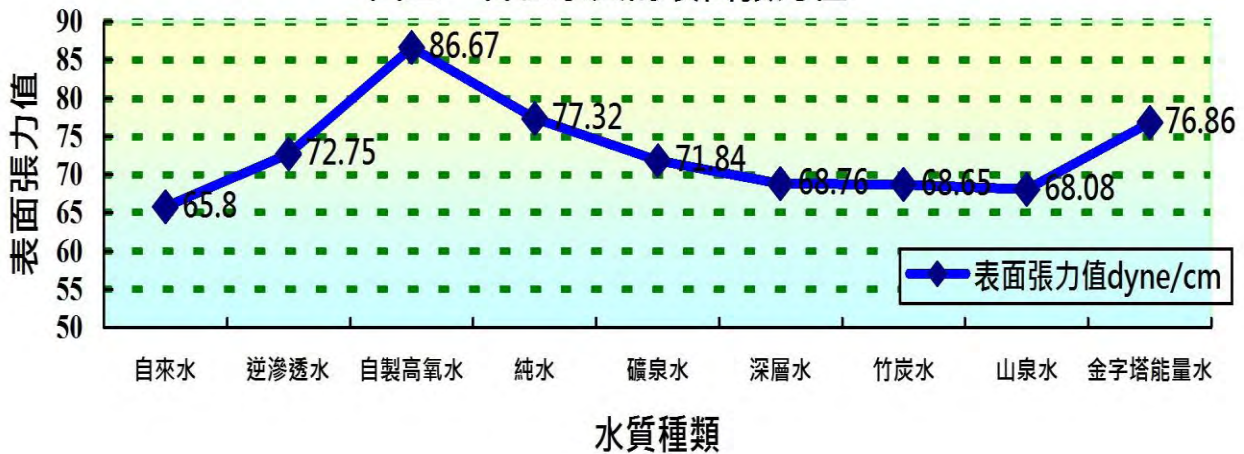
山泉水表面張力 = 72.75 × 42.6 ÷ 45.6 = 67.96 (dyne/cm)

金字塔能量水表面張力 = 72.75 × 48.1 ÷ 45.6 = 76.74 (dyne/cm)

3.所以，各種水樣的表面張力值大小依序為：

自製高氧水 > 市售純水 > 金字塔能量水 > 逆滲透水 > 礦泉水 > 深層水 > 竹炭水 > 山泉水 > 自來水

圖二、各種水質的表面張力值



(六)、比較自製含氧水與其它水質的還原力以驗證水質是否含有負離子的研究

1. 實驗六、以自製藍黑色碘-澱粉液測定自製高氧水及各種水樣的負離子還原力

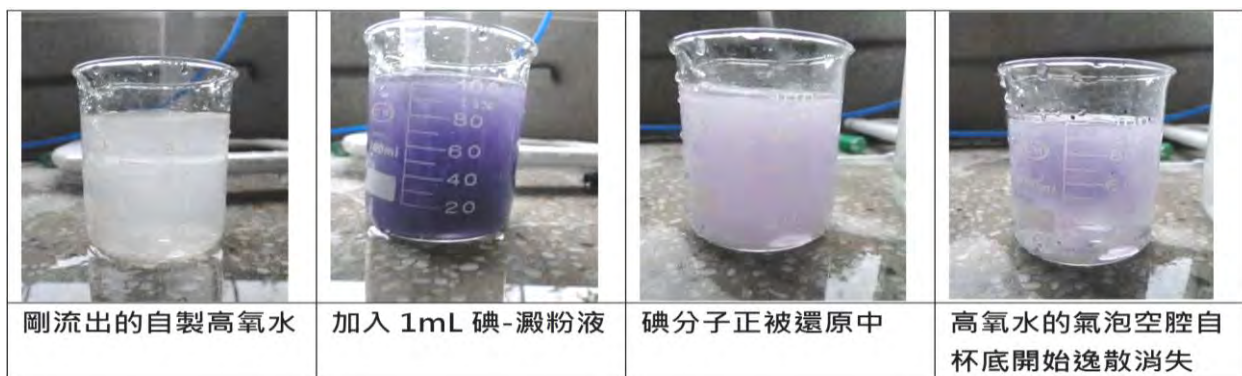


左杯為高氧水、右杯為自來水的側視圖 1 側視圖 2 俯視圖

2. 由實驗證明，自製高氧水剛流出的水負離子含量比剛流出的自來水高出許多。

3. 為了更清楚觀測自製高氧水中負離子還原藍黑色碘-澱粉液的過程，我們決定快速拍攝其還原褪色過程。

實驗七、以自製藍黑色碘-澱粉液測定自製高氧水的負離子還原力之褪色過程為：



4. 太好了，這樣的檢驗測試似乎有效。那已裝瓶完全靜態的水，是否完全不含負離子？我們決定將買各種水樣都來比較看看：

5. 實驗八、以自製藍黑色碘-澱粉液測定比較市售水樣與自製高氧水的負離子褪色還原力為：

			
<p>左杯為高氧水、右杯為山泉水</p>	<p>左為礦泉水、右為逆滲透水</p>	<p>左為高氧水、中為深層水、右杯為剛接出的自來水</p>	<p>左為金字塔能量水、中杯為竹炭水、最右杯為純水</p>
			
<p>左圖由左到右為高氧水、山泉水、礦泉水、逆滲透水</p>		<p>右圖由左到右為高氧水、深層水、自來水、金字塔能量水、竹炭水、純水</p>	

6. 我們推測：以同濃度同體積的深藍色碘-澱粉液比較不同的水樣的還原力，負離子含量高者，碘分子被還原成無色的碘離子就較多，深藍色的色度就變淺。

7. 由外觀色度比較負離子含量多寡大約為

自製高氧水 > 自來水或金字塔能量水 > 山泉水或礦泉水 > 逆滲透水 > 深層水 > 純水

以後可以用光度計比較各水樣與碘-澱粉液反應後的光度值，以更精確的比較出各水樣含負離子量的多寡。

8. 我們請教專家，並在專家及老師的指導下，自組製造高氧水的裝置，的確有製造出高含氧的負離子活性水，不僅藉此學到了廷得耳效應的觀念，也以自製表面張力儀測量自製高氧水比原水或其它水質的表面張力值為大的事實。除了成功地比較這些水質在物理性上的差異外，我們也終於以碘-澱粉褪色還原反應來簡單鑑定自組高氧水與其它水質是否含負離子的方法。

陸、參考資料

1. 46 屆全國科展高中組化學科作品「少年廷得耳的煩惱」
2. www.epa.gov.tw 行政院環境保護署網站
3. <http://biowww.com.cn/shiyan/shengtai/258.html> 水中溶氧的測定-碘量法
4. <http://oktravel.so-buy.com/front/bin/ptdetail.phtml?Part=MTWN0006>
5. <http://store.pchome.com.tw/365day/S975969.htm>
6. 國中自然第四冊第二章氧化還原反應
7. 高中化學第一冊第五章溶液
8. 本校物理科作品

柒、未來展望

未來，我們可以將不同水質用同樣的裝置、氣壓條件充入氧氣，利用廷得耳效應光柱消失的時間，當做可偵測常壓下大小不同分子團水的飽和含氧量極限值，這創新性的簡易判斷水分子團大小是除了用貴重的核磁共振儀偵測分子團大小外，最經濟的比較判斷方式。因為一般的水是集體分子群，又因一個水分子中的氧有兩個未共用電子對，所以，水分子和水分子之間，會形成氫鍵(Hydrogen Bonding)，可能有四個位置可將彼此拉引在一起。

然而，在液態水的不同狀態下，有時可形成氫鍵將彼此拉引在一起；有時又會因其它外力介入而斷開。

水分子是極性分子，水中的氫鍵有極性，可吸引水分子，同樣也能吸引帶有四個未共用電子對的氧分子，這是氧分子會溶於水的原因。所以水分子間的氫鍵可因溶氧量提高而斷開形成較小的分子團水。

【評語】 030819

探討我們日常生活的必需品—水，而且以此延伸自製含氧水裝置以及自製表面張力之裝置，都是值得鼓勵且可進一步探究的。高含氧量含負離子的水，對人體健康是否有幫助，目前並無定論，這部份可多搜集整理相關文獻，另建議可更集中在輕易掌握與較能呈現主題價值之方向會更好。如自製表面張力計與現有技術之比較及特色之進一步探討等。