

題目名稱:「清潔」你的煩「皂」

Determine the capability of softener dealt with hard water

一、摘要:

EBT指示劑搭配EDTA滴定是一種常見測定鈣離子是否螯合的技術。透過EBT指示劑在水溶液中的顏色差異可判斷鈣離子是否螯合,有螯合呈現天藍色,未螯合呈現酒紅色。EDTA滴定需搭配EBT指示劑才能進行。當含有鈣離子的酒紅色水溶液變色成無鈣離子的天藍色水溶液時,停止滴定EDTA。最後紀錄EDTA消耗體積數,經過計算即可知道水溶液的鈣離子濃度。

此次科學專題有三個面向,一,利用EDTA滴定技術測量自來水中的鈣離子濃度,並且上網查詢自來水之鈣離子濃度,確定技術之準確性。二,測量不同品牌礦泉水的鈣離子濃度,觀察其中之差異。三,利用肥皂以及合成清潔劑的消耗之鈣離子濃度差異評估兩者的硬水軟化能力。本研究定義硬水軟化能力=(水中的鈣離子-軟化後剩餘的鈣離子)/水中的鈣離子*100%。並且找出為何合成清潔劑中的三聚磷酸鈉成分可以幫助提升硬水軟化能力,最後評估磷酸三鈉、焦磷酸鈉、三聚磷酸鈉,三種磷酸鈉何種的消耗鈣離子能力最好。

最後,在做完全部實驗後,在未來此專題報告希望能延續此次內容測定不同種類之清潔劑的硬水軟化能力。

二、探究題目與動機

本研究之研究題目是活用EBT指示劑搭配EDTA滴定之技術,並將其運用在三大方面。第一方面,檢測自來水之鈣離子濃度。第二方面,檢測不同品牌礦泉水的鈣離子濃度,並探討不同濃度的鈣離子對我們有何影響。第三方面,利用肥皂以及合成清潔劑消耗鈣離子濃度的差異計算出兩者的硬水軟化能力,再加深加廣至合成清潔劑中的磷酸鈉化合物成分為何可以提升硬水軟化能力,且磷酸三鈉、焦磷酸鈉、三聚磷酸鈉三種磷酸鈉化合物何者的硬水軟化能力最好。

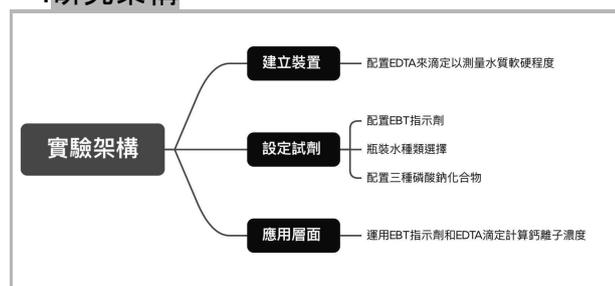
本研究之動機是水是我們每天的必需品,不管是在衛生、吃喝、甚至能量之生成上,水都是推動的一大功臣。因為它的重要性,讓我們更加好奇它在不同面向上的重要性。

三、探究目的與假設

本研究目標是認識EBT指示劑搭配EDTA之技術,並將此技術活用在各個面向上,也希望在未來能延續此次內容測定不同種類之清潔劑的硬水軟化能力。目的1:建立本研究鈣離子檢測SOP。目的2:以滴定市售礦泉水確認本研究方法的可信度。目的3:探討三種磷酸軟水劑對於硬水的等重軟化能力本研究定義硬水軟化能力為(軟化前鈣離子濃度-軟化後鈣離子濃度)/軟化前鈣離子濃度。本研究不利用莫耳濃度的方式表示肥皂與合成清潔劑以及磷酸三鈉、焦磷酸鈉、三聚磷酸鈉是因為在市面上普遍商家不會用摩爾濃度表示某成分的含量,更多的是用克數。

四、探究方法與驗證步驟

一、研究架構



二. 探究一 - 自來水的鈣離子濃度

(一) 配置EBT指示劑(EBT指示劑在鈣未整合呈酒紅色, 整合的呈現天藍色)

1. 步驟1: 配置 0.1 M 的氨水。

- 觀察到氨水的重量百分率濃度是 6.5 %。
- 利用 “ $C(M) \times M / 1000 = P\%$ ” 的公式, 測得氨水的 $C_m = 3.82$ 。
- 利用 “ $M_1V_1 = M_2V_2$ ” 的公式, 知道 3 mL 的氨水需要 8.4 mL 的蒸餾水稀釋, 才能讓氨水的濃度變成 0.1 M。

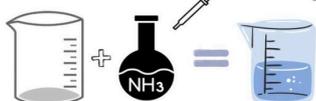
配置緩衝溶液 (鉻黑指示劑)
用氨水和加一點點的鉻黑粉
並把pH值調成10

Step1
配置氨水

6.5%的氨水
配置0.1M

由 $M_1V_1 = M_2V_2$ 可知
稀釋前濃度 \times 稀釋前體積=稀釋後濃度 \times 稀釋後體積
配置0.1M要1.5毫升的氨水和4.2毫升的水

$$\begin{aligned} C_m \times \frac{M}{1000 \text{ mL}} &= P\% \\ C_m \times \frac{17}{1000} &= \frac{6.5}{100} \\ 17x &= 65 \\ x &= 3.82 \\ M_1V_1 &= M_2V_2 \\ 3.82 \times 1.5 &= 0.1V_2 \\ V_2 &= 5.7 \text{ mL} \end{aligned}$$



2. 步驟2: 將氨水的pH值調配至10

- 校正pH計。(將pH計先後插入pH=4和pH=7的綠色以及橘色溶液中, 並用螺絲起子旋轉螺絲, 使pH計上的數值等於插入的溶液的pH值)
- 將pH計插入 0.1 M 的氨水中

Step2

調整pH成10

用 NH_4Cl (氯化銨) 來把pH值降到10



- 一點點加入 NH_4Cl , 並且觀察pH值變化。
- 在pH = 10時, 停止添加 NH_4Cl 。

3. 步驟3: 加入些許羊毛鉻黑(鉻黑在pH=10時的變色變化才不會受到pH影響)

Step3
加入鉻黑



配好鉻黑指示劑了

(二) 配置 0.01 M EDTA(可使鈣離子整合)

1. 步驟1: 量測 0.37 g 的EDTA加入到 100 mL 的蒸餾水中。

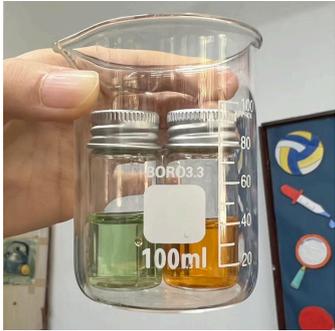
(三) 測定自來水的鈣離子濃度

- 步驟1: 用上次配置好的EBT指示劑加入到 20 mL 的自來水中。
- 步驟2: 再將EDTA倒入滴定管中
- 步驟3: 開始滴定
- 步驟4: 滴定至顏色改變, 停止滴定, 紀錄EDTA滴定mL數。
- 步驟5: 計算出自來水中的鈣離子濃度。

(四) 結果

2024年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】
高中(職)組 成果報告表單

1. 利用“ $M_1V_1 = M_2V_2$ ”的公式得知自來水中的鈣離子濃度等於 0.002 M。
2. 利用“ $C(\text{ppm}) = C(\text{M}) * M(\text{原子量}) * 1000$ ”，換算出自來水中的鈣離子濃度是 80 ppm，合乎我們之前所查的資料(20 ppm - 100 ppm)



圖(一) ← pH = 7
→ pH = 4



圖(二) 氨水 pH = 10



圖(三) ↑ 未整合鈣離子
↓ 已整合鈣離子

三. 探究二 - 不同品牌礦泉水的鈣離子濃度差異

(一) 測量三個品牌飲用水中的鈣離子濃度

1. 步驟1: 買不同牌子的飲用水
2. 步驟2: 用上次配置好的EBT指示劑加入到 20 mL 的飲用水中。
3. 步驟3: 再將EDTA倒入滴定管中，開始滴定
4. 步驟4: 滴定至顏色改變，停止滴定，紀錄EDTA滴定 mL數。
5. 步驟5: 計算出飲用水中的鈣離子濃度。
6. 步驟6: 重複此操作至三個牌子的飲用水都測定完成

(二) 結果

1. 利用“ $M_1V_1 = M_2V_2$ ”的公式得知飲用水中的鈣離子濃度
 - a. Evian(EDTA滴定mL數=6.4mL)
 - $0.01 * 6.4 = x * 20$ $x = 0.0032$ M
 - b. 韓國牌子(EDTA滴定mL數=2.2mL)
 - $0.01 * 2.2 = x * 20$ $x = 0.0011$ M
 - c. Volvic(EDTA滴定mL數=1 mL)
 - $0.01 * 1 = x * 20$ $x = 0.0005$ M
2. 利用“ $C(\text{ppm}) = C(\text{M}) * M(\text{原子量}) * 1000$ ”
 - a. Evian(體積莫耳濃度= 0.0032 M)
 - $128 \text{ ppm} = 0.032 * 40 * 1000$
 - b. 韓國牌子(體積莫耳濃度= 0.0011 M)
 - $44 \text{ ppm} = 0.0011 * 40 * 1000$
 - c. Volvic (體積莫耳濃度 = 0.0005 M)
 - $20 \text{ ppm} = 0.0005 * 40 * 1000$

Evian: 6.4 mL EDTA
 $M_1V_1 = M_2V_2$
 $0.01 * 6.4 = x * 20$
 $x = 0.0032$ M
 ppm → $C(\text{ppm}) = C(\text{M}) * \text{原子量} * 1000$
 $= 0.0032 * 40 * 1000$
 $= 128 \text{ ppm}$

韓國 → 2.2 mL EDTA
 $0.01 * 2.2 = x * 20$
 $x = 0.0011$ M

ppm → $0.0011 * 40 * 1000$
 $= 44 \text{ ppm}$

Volvic → 1 mL EDTA
 $0.01 * 1 = x * 20$
 $x = 0.0005$ M

ppm → $0.0005 * 40 * 1000$
 $= 20 \text{ ppm}$



圖(四)三種礦泉水取樣20 mL

圖(五)探究二之實驗流程圖

四. 探究三 - 肥皂與合成清潔劑的硬水軟化能力差異, 加深至合成清潔劑中的磷酸鈉化合物

(一)配置 0.1 M CaCl₂

1. 步驟1:量測 1.1 g 的CaCl₂
2. 步驟2:將其加入燒瓶中, 再將水加到 100 mL 水位線上。

(二)配置0.1 M EDTA(可使鈣離子螯合)

1. 步驟1:量測 3.72 g 的EDTA加入到 100 mL 的蒸餾水中。

(三)配置肥皂水以及合成清潔劑

1. 步驟1:量測 0.1 g 的肥皂以及十二烷基硫酸鈉(合成清潔劑)並將其加入到 50 mL 的蒸餾水中。
2. 步驟2:分別加入 30 mL 的 0.1 M CaCl₂水溶液
3. 步驟3:用濾紙過濾白色沈澱物

(四)開始量測肥皂以及合成清潔劑消耗鈣離子濃度

1. 步驟1:用上次配置好的EBT指示劑加入到取樣的 20 mL 的肥皂水或合成清潔劑中。
2. 步驟2:再將EDTA倒入滴定管中
3. 步驟3:開始滴定
4. 步驟4:滴定至顏色改變, 停止滴定, 紀錄EDTA滴定mL數。
5. 步驟5:計算出兩者消耗的鈣離子濃度。

(五)計算兩者的硬水軟化能力

1. 步驟1:利用定義之硬水軟化能力公式計算,
(軟化前鈣離子濃度 - 軟化後鈣離子濃度)/軟化前鈣離子濃度
 - a. 肥皂
$$0.1(\text{CaCl}_2\text{鈣離子濃度}) * 0.03(\text{體積}) = 0.003$$
$$0.1(\text{EDTA濃度}) * 0.0046 = 0.00046$$
$$(0.003 - 0.00046) / 0.003 * 100 \% = 84 \%$$
 - b. 清潔劑
$$0.1(\text{CaCl}_2\text{鈣離子濃度}) * 0.03(\text{體積}) = 0.003$$
$$0.1(\text{EDTA濃度}) * 0.0042 = 0.00042$$
$$(0.003 - 0.00042) / 0.003 * 100 \% = 86 \%$$

(六)合成清潔劑中的磷酸鈉化合物的硬水軟化能力

1. 步驟1:將 0.2 g 磷酸三鈉、焦磷酸鈉、三聚磷酸鈉加入 20 mL 的蒸餾水中
2. 步驟2:加入 50 mL 的CaCl₂ 水溶液
3. 步驟3:用濾紙過濾白色沈澱物
4. 步驟4:加入EBT指示劑, 並且滴定EDTA, 紀錄EDTA滴定之體積數。
5. 步驟5: 計算出磷酸三鈉、焦磷酸鈉、三聚磷酸鈉的硬水軟化能力
 - a. 磷酸三鈉: $(0.0005 - 0.00026) / 0.0005 * 100 \% = 48 \%$
 - b. 焦磷酸鈉: $(0.0005 - 0.00019) / 0.0005 * 100 \% = 62 \%$
 - c. 三聚磷酸鈉: $(0.0005 - 0.0002) / 0.0005 * 100 \% = 60 \%$

2024年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】
高中(職)組 成果報告表單

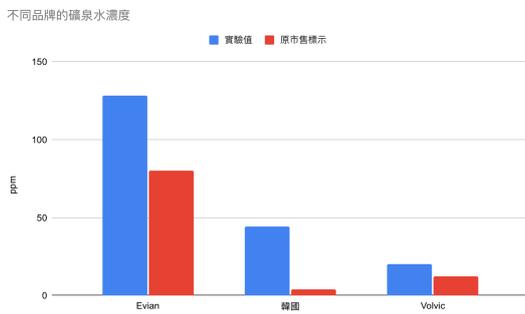


圖(六)過濾完的肥皂水及合成清潔劑

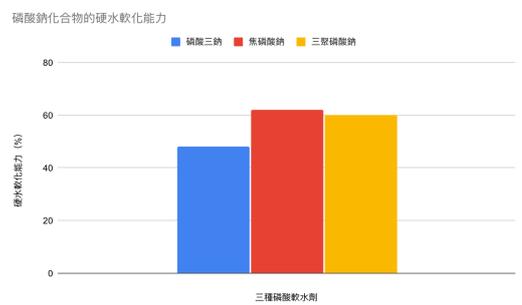


圖(七)肥皂加入鈣離子後的白色沈澱

五、結論與生活應用



圖(八)原市售標示與實驗值的鈣離子濃度之長條圖



圖(九)軟化能力之長條圖

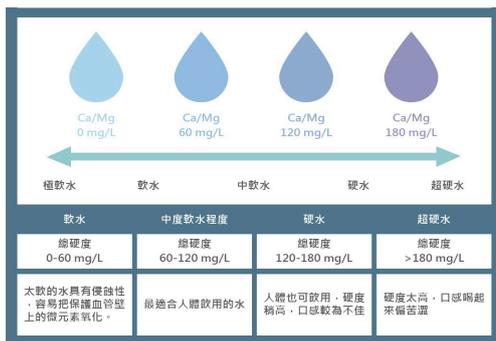
探究一結論 - 根據我們所搜查的資料, 北部平均水質硬度為 85 ppm, 而實驗數據測出來為 80 ppm 雖然未完全符合資料之水質硬度, 但兩者相差不大, 所以可以間接證明我們的技術(EBT指示劑搭配EDTA滴定)是沒有差錯, 因此可以進行探究二。

探究二結論 - 口感-每公升 0 至 60 毫克為軟水, 每公升 60 至 120 毫克為中等程度的軟水, 每公升 120 - 180 毫克為硬水, 每公升大於 180 毫克為超硬水, 水質過硬以致煮沸後生成水垢, 或其口感不好, 水的硬度與心血管疾病死亡率確實有關, 引用適量水的硬度高, 心血管疾病死亡率低, 反之水的硬度低, 死亡率則高, 雖然高硬度水含有更多的鈣和鎂等礦物質, 但如果攝取過量, 也可能對健康造成不利影響, 像是

腎結石風險增加心血管健康消化問題, 過軟的水可能會感覺有些平淡, 失去了一些人們對水的期待的天然味道, 過軟的水可能缺乏鈣、鎂等重要礦物質, 這些礦物質對於骨骼健康和身體其他功能至關重要。長期飲用過軟水可能導致這些礦物質的缺乏, 進而影響身體的健康狀況。

實驗方面-我們是用傳統滴定法來去計算數據, 所以會有數據跟市售上面的標示不太一樣, 市售是用原子火焰光譜分析的。我們三種瓶裝水數據都呈現正偏差, 但我們實驗重點不需測出準確值, 而是可以比較出鈣離子濃度大小。唯獨韓國的水, 我們給予質疑, 但其他兩種比較得出高低, 所以並不影響結果, 證明我們的方法是可信的。

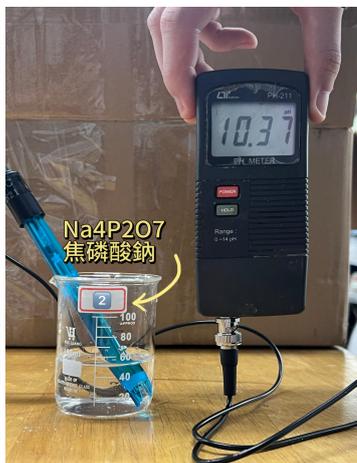
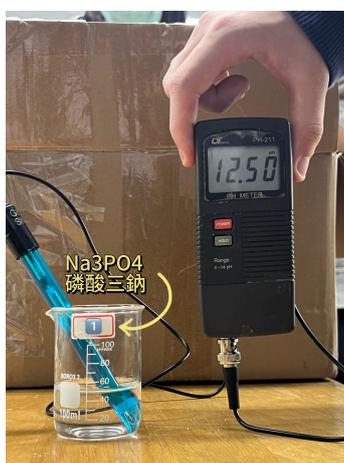
2024年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】
高中(職)組 成果報告表單



圖(十)水的軟硬程度

圖(十一)全臺水質硬度表

探究三結論 - 在理論上，磷酸三鈉、焦磷酸鈉、三聚磷酸鈉中，三者相同克數下的抓鈣個數的比例為 1.5 : 2.5 : 3，抓鈣個數為次好。而抓鈣能力經過抓鈣個數以及分子量的兩者評比計算，比例是 3.95 : 7.52 : 6.79。在實驗數據上，與理論相互對應，硬水軟化能力的大小為焦磷酸鈉>三聚磷酸鈉>磷酸三鈉。兩者相輔相成。雖然三聚磷酸鈉抓鈣能力是次好的，但因為它的pH值 = 9.0，是三者裏面pH值最小的，所以相對來說是最安全的，對人體傷害最小。因此民生清潔劑中依然是採用清潔效果不那麼好的三聚磷酸鈉。



圖(十二) 磷酸三鈉的pH值

圖(十三) 焦磷酸鈉的pH值

圖(十四) 三聚磷酸鈉的pH值

六. 參考資料

滴定實驗 - [hw_dungeonshrine1b_h_en_95 \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=hw_dungeonshrine1b_h_en_95)

肥皂與合成清潔劑 - <https://reurl.cc/OGxq23>

全臺水質分析-<https://reurl.cc/rrNadZ>

水的硬度測定-[Exp13.pdf \(thu.edu.tw\)](https://www.thu.edu.tw/~Exp13/pdf) 礦泉水是什麼水-[礦泉水是什麼水？自來水VS礦泉水差在哪報你知！ \(top1health.com\)](https://www.top1health.com/)

十大礦泉水推薦排行榜-[【2024最新】十大礦泉水推薦排行榜 | mybest \(my-best.com\)](https://www.mybest.com/)

水的硬度和人體健康有何關聯性?-<https://reurl.cc/zlmb67>

濟州三多水官網-<https://reurl.cc/N4z4kQ>

Volvic官網-<https://reurl.cc/4j2jKK>

Evian官網-<https://reurl.cc/prQrla>