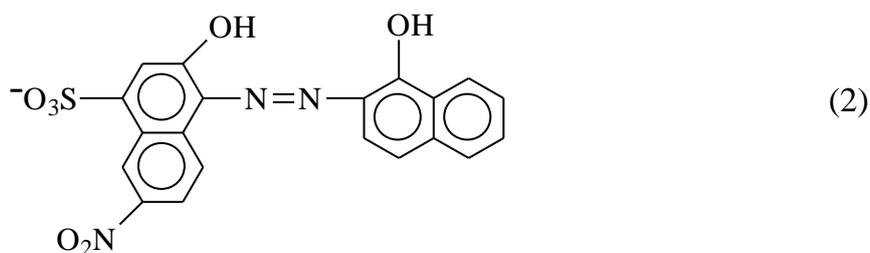
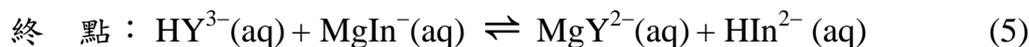
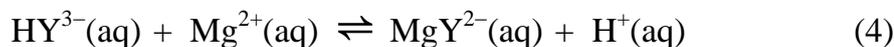
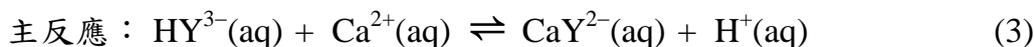


black T，簡稱 E.B.T，以 H_2In^- 為縮寫表示），來偵測滴定終點，此指示劑可與鎂離子形成穩定的紅色錯合物， $MgIn^-$ 。硬水中如有微量的 $MgIn^-$ 存在時，當 EDTA 開始加入時，先與游離的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 結合，直到溶液中 Ca^{2+} 與 Mg^{2+} 均與 EDTA 形成螯合物時，此時再加入的 EDTA 立刻將 $MgIn^-$ 解離，而與 Mg^{2+} 螯合，使得指示劑回復到藍色，表示達到滴定終點。



Eriochrome black T

在硬水滴定過程中使用氨水的緩衝液 ($NH_3-NH_4^+$)，控制溶液在 $pH=10$ 的環境下進行，此時 EDTA 成 HY^{3-} 的型式，此型式僅能與第二族元素離子形成良好的錯合物，而不會與經常存在水中的其他離子 (如 Fe^{3+}) 反應，滴定的反應方程式如下：



紅色

藍色

器材 滴定管，100 mL 量瓶，燒杯，攪拌器，磁石（攪拌子），250 mL 錐形瓶，漏斗，蝴蝶夾，量筒

藥品 $CaCO_3$ ，EDTA， NH_4Cl ， NH_4OH ，Eriochrome black T (E.B.T)，HCl，水樣品（自行攜帶至少 200 mL）

注意事項：

1. 量瓶內的溶液必須與室溫接近，不可直接將量瓶用來加熱或低溫冷卻。
2. 量瓶配完標準溶液後，就將溶液倒入燒杯中備用；量瓶不用來保存溶液。
3. 量瓶使用完後，洗淨交回，瓶蓋勿蓋上。
4. 將放置標準溶液的燒杯蓋上保鮮膜、貼上標籤，避免污染。

5. 依組別編號取用滴定管！
6. 滴定管使用完後，旋栓要拆下來洗；然後依序裝回旋栓。
7. 記得先將燒杯中的磁石取出，方可倒棄溶液。
8. 使用完攪拌器後，關掉電源，拔掉插頭。

實驗步驟

A. 配製標準 Ca^{2+} 溶液

1. 稱 0.16 g 左右的 CaCO_3 ，重量精確記錄到 0.001g，置入一 100 mL 的燒杯中。加入 5 mL 的蒸餾水，再慢慢加入 16 滴 6 M HCl，用錶玻璃蓋住燒杯，讓杯內反應進行使固體溶解，若尚有殘留未能溶解的固體，可再加 6 M HCl，直至所有的 CaCO_3 固體溶解，用少許蒸餾水潤洗杯壁，然後加熱至沸騰。(不要與釋出的 CO_2 氣泡混淆， CO_2 的釋出與沸騰現象可能同時出現。)
2. 加入 20 mL 蒸餾水，攪拌冷卻後將溶液倒入 100 mL 量瓶內，再用少量蒸餾水潤洗燒杯並再倒入量瓶內，如此重複幾次，以確定所有 Ca^{2+} 全部倒入瓶內。
3. 用滴管緩慢加蒸餾水至量瓶標線，蓋上瓶蓋，來回顛倒量瓶數次，使之充分混合。

※ 滴定前的準備

1. 取 0.1 M EDTA 溶液 20 mL，加蒸餾水稀釋至總體積為 200 mL，混合均勻，使濃度成為大約 0.01 M，備用。
2. 將滴定管徹底洗淨，用約 5 mL 的 0.01 M EDTA 溶液潤洗滴定管，至少重複二次。打開開關放出潤洗的 EDTA 溶液，再關開關，然後以漏斗輔助，將 EDTA 溶液加入滴定管至 50 mL 高度，確定滴定管內及滴定管下方尖端處沒有任何氣泡。
3. 滴定前，將漏斗取下。

B. 空白滴定

參考溶液的製備：取 25 mL 蒸餾水和 5 mL pH = 10 的緩衝液放入 250 mL 錐形瓶中。加入 8 滴的 Eriochrome black T (E.B.T) 指示劑，若此時

溶液呈天藍色，就可用此溶液的顏色當作滴定終點的參考。但如果參考溶液的顏色為藍紫色，則需使用 0.01 M EDTA 溶液滴定至天藍色，將所需的 EDTA 體積記錄下來，此即稱為空白滴定。在計算 EDTA 溶液濃度時，必須將此空白滴定所使用的 EDTA 溶液體積扣除。

C. EDTA 溶液濃度的標定

1. 取 25 mL 的標準 Ca^{2+} 溶液放入 250 mL 錐形瓶內，加入 5 mL pH = 10 的緩衝液，和 8 滴的 E.B.T 指示劑，此時溶液應為紅色。
2. 取 0.01 M EDTA 溶液裝滿滴定管，記錄開始時滴定管的刻度後，開始滴入 EDTA 溶液於錐形瓶中並攪拌之。在接近終點時，顏色開始淡褪且變成紫色，直到紅色消失而溶液顏色變天藍色（較淡於參考溶液的顏色），就是達到滴定終點，記錄終點時滴定管的刻度，算出滴定所需體積*。保留此滴定液當作下一個滴定的參考。

* 接近終點的反應相當緩慢(約 1 秒)，若無耐心，容易造成過量。

3. 重複 C.1~2 步驟一次。

D. 水樣品的硬度測定

1. 助教提供的水樣品之硬度測定(1 次)

取 25 mL 的未知水樣品放入 250 mL 錐形瓶內，記下未知水樣品編號，加入 5 mL pH = 10 的緩衝液，和 8 滴的 E.B.T 指示劑，此時溶液應為紅色。重複 C.2 步驟。

2. 鮮乳樣品之硬度測定(1 次)

取 5.0 mL 的鮮乳樣品放入 250 mL 錐形瓶內，記下品名及編號，加入 45.0 mL 蒸餾水攪拌均勻，再加入 5 mL pH = 10 的緩衝液，和 8 滴的 E.B.T 指示劑，此時溶液應為紫紅色。重複 C.2 步驟。

3. 自己帶來的飲用水樣品之硬度測定(1 次)

取 100 mL 自己帶來的飲用水樣品倒入 400 mL 燒杯內，加入 8 mL pH = 10 的緩衝液，和 10 滴的 E.B.T 指示劑。重複 C.2 步驟。

水的硬度測定

實驗報告

學系 _____ 學號 _____ 姓名 _____ 組別 _____ 日期 _____

結果

A. 配製標準 Ca^{2+} 溶液

CaCO ₃ 的重量	g
製備 Ca^{2+} 溶液的總體積	100.0 mL
樣品中 CaCO ₃ 的莫耳數 (CaCO ₃ 式量為 100.1)	mol
	計算過程：
Ca ²⁺ 溶液的濃度 = $\frac{\text{CaCO}_3 \text{ 的莫耳數}}{\text{溶液的體積(L)}}$	M
	計算過程：
每次滴定 25 mL Ca^{2+} 溶液的莫耳數 = Ca^{2+} 溶液的濃度 × 溶液的體積(0.025 L)	mol
	計算過程：

B. 空白滴定

滴定管中的初讀數	mL
滴定管中的末讀數	mL
滴定參考溶液所需 EDTA 的體積	mL

C. EDTA 溶液濃度的標定

滴定次數	第一次	第二次
滴定管初讀數	mL	mL
滴定管末讀數	mL	mL
滴定 Ca^{2+} 溶液所需 EDTA 的體積 = 滴定管末讀數 - 滴定管初讀數	mL	mL
滴定 Ca^{2+} 溶液所需 EDTA 的平均體積	mL	
空白滴定所需 EDTA 的體積 (由 B 部份得知)	mL	
滴定 Ca^{2+} 溶液所需 EDTA 的平均體積 (須扣除空白滴定的體積)	mL	
EDTA 的濃度	M	
參考公式： $M_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} (\text{L})$ = 25 mL Ca^{2+} 溶液的莫耳數	計算過程：	

D. 水樣品的硬度測定

1. 助教提供的水樣品的硬度測定

編號：_____

水樣品的體積	mL
滴定管初讀數	mL
滴定管末讀數	mL
滴定水樣品所需 EDTA 的體積 = 滴定管末讀數 - 滴定管初讀數	mL
滴定 1L 水樣品所需 EDTA 的平均體積 $= V_{\text{滴定水樣品所需 EDTA 的體積(mL)}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{\text{水樣品的體積(mL)}}$	mL 計算過程：
每公升的水樣品所需 EDTA 的莫耳數 (即 CaCO_3 的莫耳數 / 公升 H_2O) $= M_{\text{EDTA}} \times V_{\text{1L 水樣品所需 EDTA 的平均體積(L)}}$	mol 計算過程：
每公升的水樣品所含 CaCO_3 的克數 (CaCO_3 式量為 100.1) $= \text{每公升的水樣品所需 EDTA 的莫耳數} \times \text{CaCO}_3 \text{ 的式量}$	g 計算過程：
水樣品的硬度(CaCO_3) ($1 \text{ ppm CaCO}_3 = \frac{1 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ L H}_2\text{O}}$) $= \text{每公升的水樣品所含 CaCO}_3 \text{ 的克數} \times 1000$	ppm 計算過程：

D. 水樣品的硬度測定

2. 鮮乳樣品的硬度測定

編號與品名：_____號_____

鮮乳取樣的體積	mL
滴定管初讀數	mL
滴定管末讀數	mL
滴定鮮乳樣品所需 EDTA 的體積 = 滴定管末讀數 - 滴定管初讀數	mL
滴定 1L 鮮乳樣品所需 EDTA 的平均體積	mL
$= V \frac{\text{滴定鮮乳樣品所需 EDTA 的體積(mL)}}{1000 \text{ mL}} \times \text{鮮乳樣品的體積(mL)}$	計算過程：
每公升的鮮乳樣品所需 EDTA 的莫耳數 (即 CaCO_3 的莫耳數 / 公升 H_2O)	mol
$= M_{\text{EDTA}} \times V_{1\text{L 鮮乳樣品所需 EDTA 的平均體積(L)}}$	計算過程：
每公升的鮮乳樣品所含 CaCO_3 的克數 (CaCO_3 式量為 100.1)	g
$= \text{每公升的鮮乳樣品所需 EDTA 的莫耳數} \times \text{CaCO}_3 \text{ 的式量}$	計算過程：
鮮乳樣品的硬度(CaCO_3) ($1 \text{ ppm CaCO}_3 = \frac{1 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ L 鮮乳}}$)	ppm
$= \text{每公升的鮮乳樣品所含 CaCO}_3 \text{ 的克數} \times 1000$	計算過程：

D. 水樣品的硬度測定

3. 自己帶來的飲用水樣品的硬度測定

飲用水樣品採樣地點：_____ 時間：_____

飲用水樣品的體積	mL
滴定管初讀數	mL
滴定管末讀數	mL
滴定水樣品所需 EDTA 的體積 = 滴定管末讀數 - 滴定管初讀數	mL
滴定 1 L 飲用水樣品所需 EDTA 的體積 $= V_{\text{滴定所需 EDTA 的體積(mL)}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{\text{飲用水樣品的體積(mL)}}$	mL 計算過程：
每公升的飲用水樣品所需 EDTA 的莫耳數 (即 CaCO_3 的莫耳數 / 公升 H_2O) $= M_{\text{EDTA}} \times V_{\text{1L 飲用水樣品所需 EDTA 的體積(L)}}$	mol 計算過程：
每公升的飲用水樣品所含 CaCO_3 的克數 (CaCO_3 式量為 100.1) $= \text{每公升的飲用水樣品所需 EDTA 的莫耳數} \times \text{CaCO}_3 \text{ 的式量}$	g 計算過程：
飲用水樣品的硬度(CaCO_3) $\left(1 \text{ ppm CaCO}_3 = \frac{1 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ L H}_2\text{O}} \right)$ $= \text{每公升的飲用水樣品所含 CaCO}_3 \text{ 的克數} \times 1000$	ppm 計算過程：

問題(選擇其中一題回答)

1. 請問你自己所帶來的飲用水試樣的硬度是多少 ppm CaCO_3 ? 其含有的鈣質又是多少 ppm? 此飲用水試樣是否為合格的飲用水? 若大平日常一天大概喝此水 1500 mL, 那麼大平一天透過飲用水大約攝取了多少鈣質? 基於健康的考量, 請為大平日常鈣質的攝取, 做一個簡單的評估!

2. 請問你測得的鮮乳樣品的硬度是多少 ppm CaCO_3 ? 其含有的鈣質又是多少 ppm? 若小七日常一天大概喝此鮮乳 250mL, 那麼小七一天透過鮮乳大約攝取了多少鈣質? 基於健康的考量, 請為小七日常鈣質的攝取, 做一個簡單的評估!

討論