



國立中正大學

National Chung Cheng University



積極創新 修德澤人



114-2

補充教材九、測定水的硬度

115.03.22 ~ 115.03.28 (預估實驗時間：1 小時)

一、目的

- 利用滴定的方法來得知水的硬度

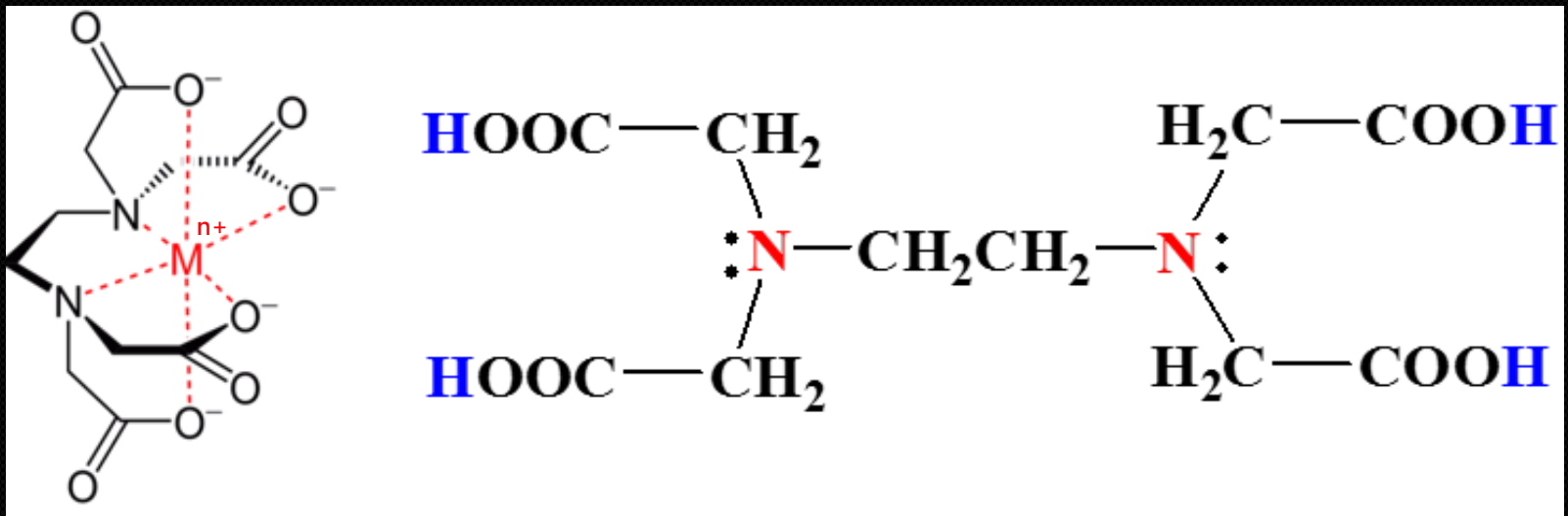


二、原理

- 水的硬度是影響水質的因素之一，而水的硬度定義為水中多少鈣或鎂離子的含量，通常以每一百萬克水含有多少碳酸鈣之量 (ppm, part per million) 來決定，假如含量為 100 ppm 之硬水即是在一百萬克水中含有一百毫克之碳酸鈣，或是一升水中含有 0.1 克之碳酸鈣。
- $100 \text{ ppm} = 100 \text{ mg} / \text{L} = 0.1 \text{ g} / \text{L}$

EDTA

- 水硬度能以 EDTA 來滴定決定之，而 EDTA 試劑呈現弱酸性，當完全被中和時放出四個質子。
- 四個羧基和兩個氮原子具有未鍵結電子對，所以 EDTA 可和陽離子最多形成六配位之錯化合物且非常穩定，莫耳比率為 1：1。



圖一、EDTA結構 (Ethylenediaminetetraacetic acid)及六配位下的構型

滴定過程中之反應式

- 主反應式



$\text{pH} = 10$

Calmagite (H_3In) (指示劑)

和鎂離子產生較穩定酒紅色之化合物 MgIn^- 。

- 滴定終點



酒紅色

天藍色

三、儀器與藥品

儀器

各組器材櫃

100 mL 燒杯 (2 個)

電磁加熱攪拌器

100 mL 容量瓶 (1 個)

125 mL 錐形瓶 (4 個)

250 mL 錐形瓶 (2 個)

鐵架

錶玻璃

磁石

助教提供

塑膠滴管 (1 個)

鐵夾

50 mL 滴定管 (1 支)

三、儀器與藥品

藥品

pH = 10.0 之 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 緩衝溶液*** 乙二胺四乙酸 (EDTA) **

6.0 M 鹽酸溶液 (HCl) *** 碳酸鈣 (CaCO_3) *

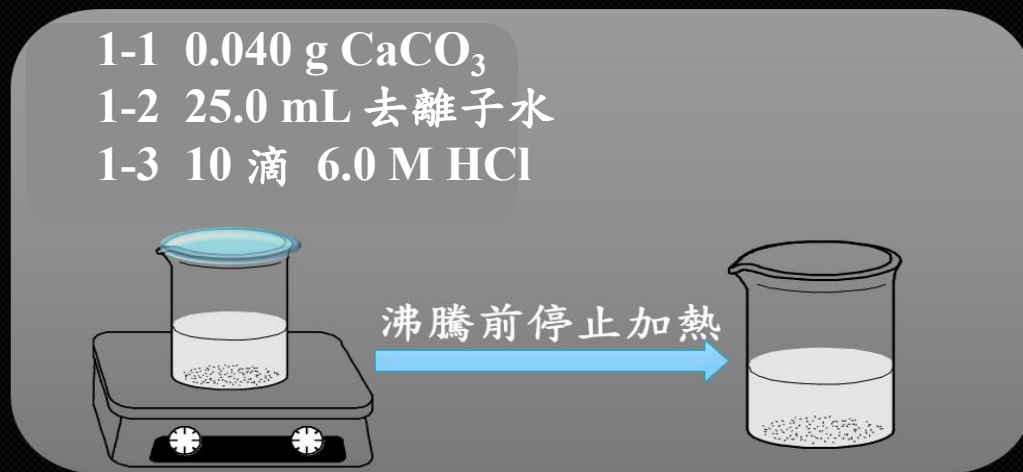
0.1 % Calmagite **

* : 具有腐蝕性 * : 具有毒性 * : 具有刺激性

四、實驗步驟

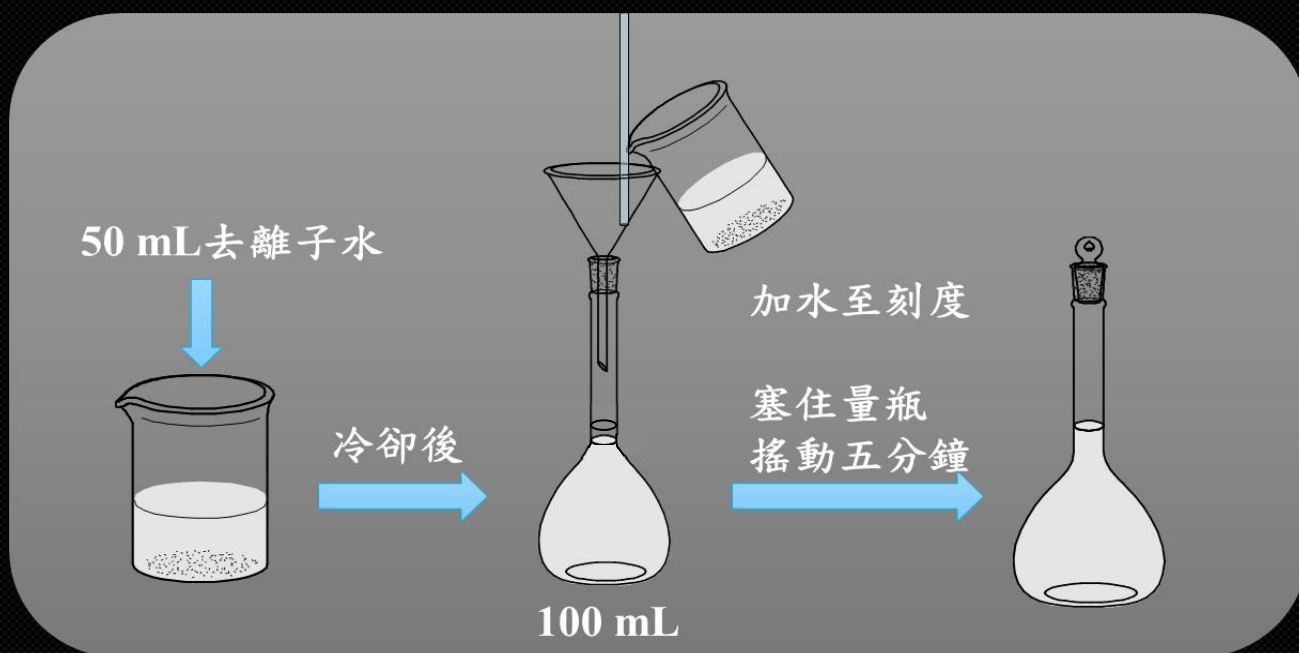
(一)、以標準碳酸鈣溶液校正 EDTA

1. 秤取 0.040 g 碳酸鈣置於 100 mL 燒杯中，加入 25.0 mL 去離子水且緩慢加入約 10 滴 6.0 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ，蓋上錶玻璃，靜置至所有碳酸鹽固體溶解。
2. 用塑膠滴管吸取少量去離子水沖洗燒杯內壁，加熱至即將沸騰即停止加熱。(注意產生之二氧化碳氣體)



圖二、步驟一~二解說圖

3. 再加入 50.0 mL 去離子水之後，將溶液小心倒入 100 mL 容量瓶。
4. 再加入少量多次去離子水至量瓶水平刻線。
5. 塞住量瓶搖動至少五分鐘。



圖三、步驟三~五解說圖

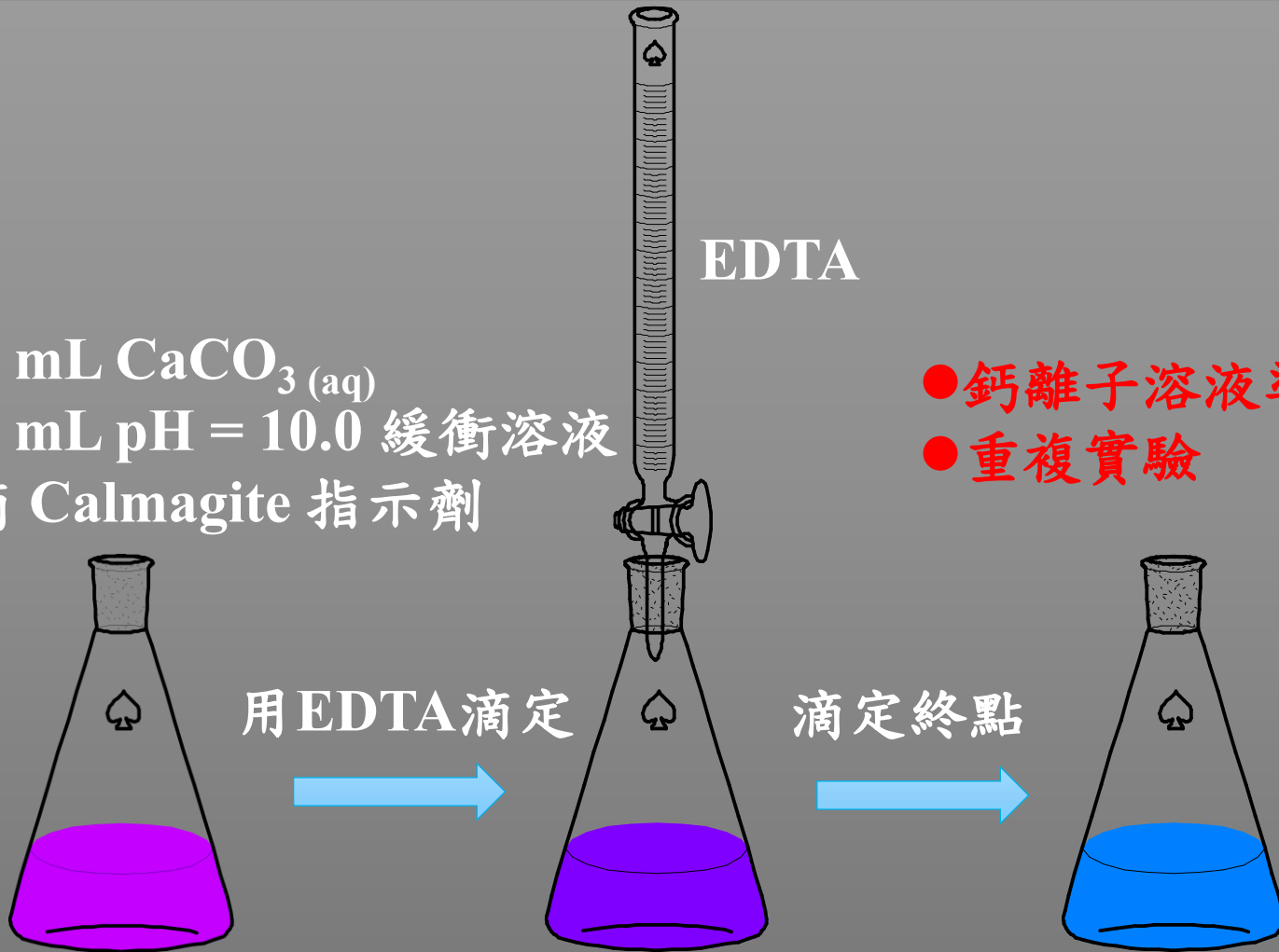
6. 以少量的 EDTA 潤洗滴定管後，加入 15.0 mL EDTA。
7. 取 5.0 mL 鈣離子溶液，加入 6.0 mL 的 $\text{pH} = 10.0$ 之緩衝溶液，2 滴 Calmagite 指示劑，此時呈現淡紫色。
8. 以 EDTA 滴定步驟 7 之溶液，快達到滴定終點時，顏色漸成淡紫色，達到滴定終點時，顏色明顯變成藍色，紀錄所消耗 EDTA 量。
9. 重複步驟 7、8 兩次。
10. 把三次滴定的數據取平均值，來決定 EDTA 的濃度。

標定EDTA

- ① 5.0 mL CaCO_3 (aq)
- ② 6.0 mL pH = 10.0 緩衝溶液
- ③ 2滴 Calmagite 指示劑

EDTA

- 鈣離子溶液準備三瓶
- 重複實驗



圖四、EDTA 標定示意圖

(二)、利用已校正之 EDTA 來滴定一般自來水

1. 取 5.0 mL 自來水，加入 6.0 mL 的 $\text{pH} = 10.0$ 之緩衝溶液，2 滴 Calmagite 指示劑，此時呈現紅色。
2. 以 EDTA 滴定步驟 1 之溶液，紀錄所消耗 EDTA 之體積。
3. 重複步驟 1、2 兩次，取平均值來決定自來水的硬度。

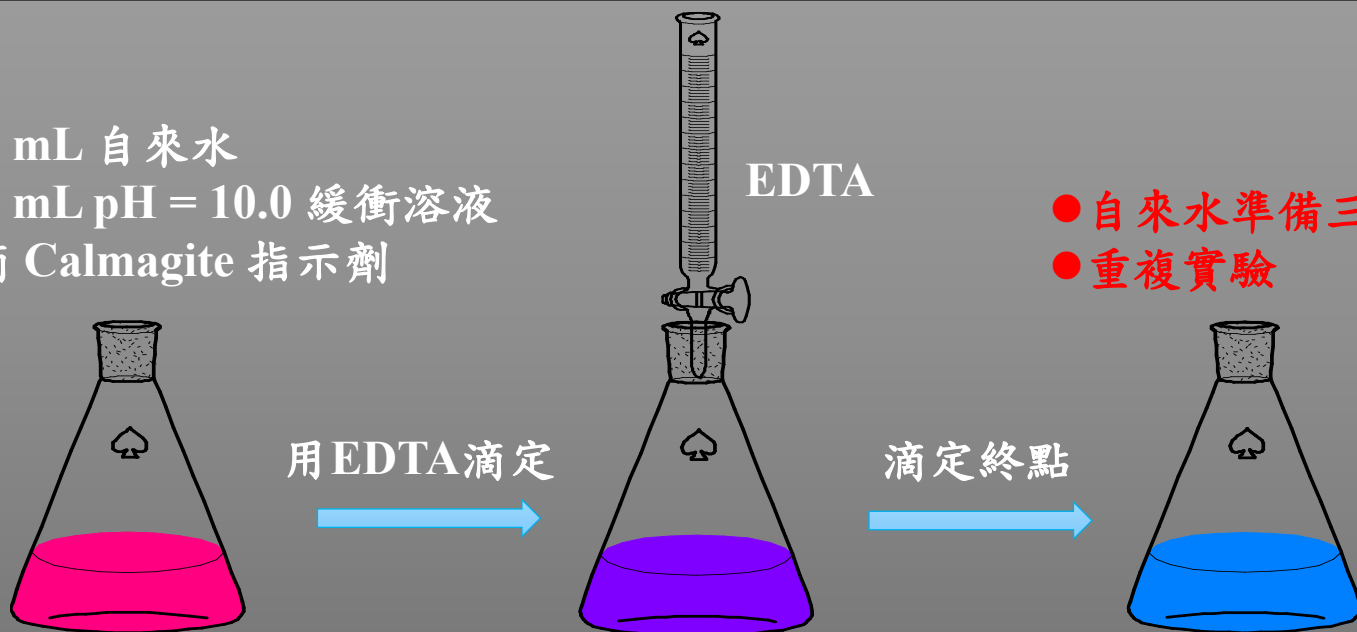
① 5.0 mL 自來水

② 6.0 mL $\text{pH} = 10.0$ 緩衝溶液

③ 2 滴 Calmagite 指示劑

EDTA

- 自來水準備三瓶
- 重複實驗



圖五、步驟一~三解說圖

五、實驗結果-碳酸鈣標定 EDTA



滴 定 前
(未加)(加)
緩 衝 溶 液

圖六、滴定前顏色



滴 定 終 點 前

圖七、滴定過程顏色變化



滴定終點

過量一點

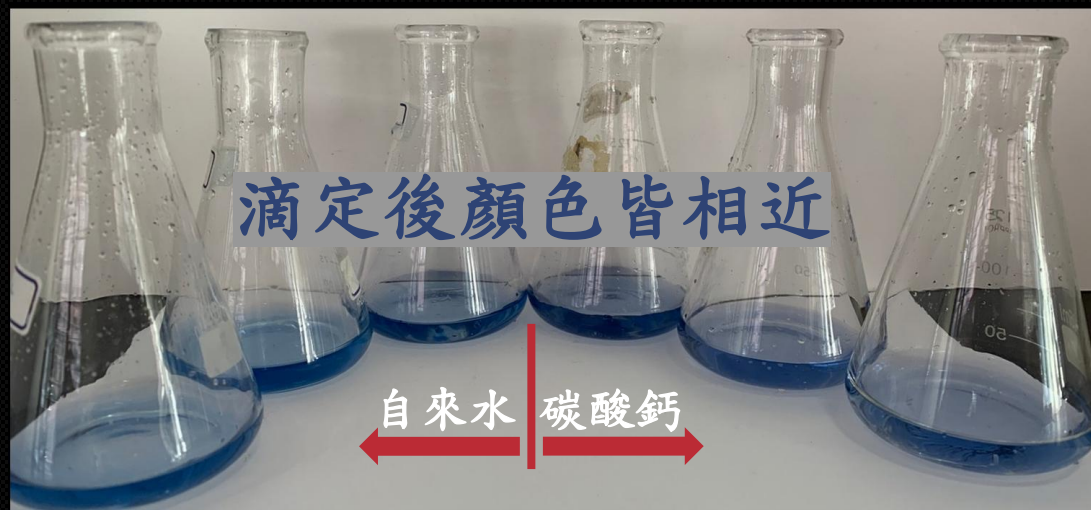
過 量

圖八、滴定終點顏色及滴定過量顏色變化

五、實驗結果-自來水硬度



圖九、滴定前後顏色變化



圖十、滴定終點顏色

六、注意事項

1. 由於 EDTA 滴定終點的藍色較難以判斷，滴定時須使所有滴定結果顏色相近以減少誤差，結報需貼上滴定結果之照片。
2. 當過量時，溶液藍色消失並再次呈現淡紫色，須小心注意其顏色變化。
3. 實驗進行中，務必要穿著實驗衣，並戴護目鏡、手套和口罩。
4. 本實驗中所有藥品皆具毒性及一定的危險性，因此在操作本實驗時請謹守實驗室安全規範及助教指示，以確保安全。
5. 所有藥品及實驗器具皆不能帶出實驗室。

七、數據處理

●碳酸鈣標定 EDTA

1. 碳酸鈣重：
2. 碳酸鈣(鈣離子)莫耳數：
3. 鈣離子濃度：)
4. 每次滴定所含鈣離子莫耳數：
5. EDTA 體積：
6. EDTA 濃度：

- 自來水硬度決定

1. 水的體積：
2. EDTA 體積：
3. 滴定 1 L 水所需 EDTA 體積：
4. 滴定一升水所需 EDTA 莫耳數 = 一升水中含鈣離子莫耳數：
5. 一升水中含鈣克數：
6. 水的硬度 ($1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L}$)：

嘉義縣民雄鄉地區水的硬度：
參考資料：

八、問題與討論

1. 溶解 0.557 g 的碳酸鎂於 6.0 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ，加水稀釋至 500 mL。
 - a. 樣品中含碳酸鎂多少莫耳？
 - b. 鎂離子濃度？
 - c. 鎂離子莫耳數？

2. 本實驗中水的硬度為鈣和鎂離子含量的總和。
 - a. 如何分別測出鈣離子和鎂離子的含量？
 - b. 此方法是否可用本實驗的指示劑進行測量？

3. 在步驟 7 中，為何要加入 $\text{pH} = 10.0$ 的緩衝溶液？
為什麼鈣離子的滴定需要在這樣的 pH 條件下進行？

- 4.若滴定溶液的 pH 過高，可能生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉澱
- 請利用溶解度平衡說明此現象對硬度測定的影響

國立中正大學化學暨生物化學系

教材製作：廖建勳 助教

教材編修：蔡聿貞 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：115.02.03