

## 實驗三 碳酸鈉與碳酸氫鈉混合試劑的定量

### 一、目的

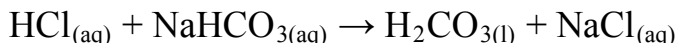
利用酸鹼中和反應及選擇適當的指示劑，定量混合溶液中碳酸鈉與碳酸氫鈉的重量百分比。



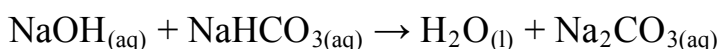
圖 3-1 滴定裝置與器材

## 二、原理

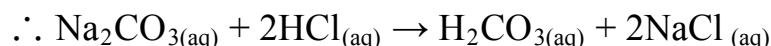
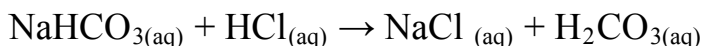
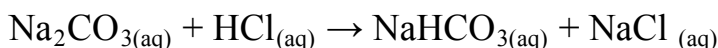
碳酸氫鈉是一種兩性物質(amphoteric substance)，既可以當酸也可以當鹼。當溶液中存有另一比它強的酸，它本身則當鹼，接受質子形成碳酸(carbonic acid)，反應式如下：



當溶液中存有另一比它強的鹼，它本身則當酸，提供質子形成碳酸鈉，反應式如下：



碳酸鈉是一種多機能鹼(polyfunctional base)，與相同濃度足夠量的鹽酸作用時，每一莫耳碳酸鈉需要二莫耳鹽酸中和。在滴定曲線上，出現二個當量點，第一個當量點時，碳酸鈉全部被中和成碳酸氫鈉，溶液呈弱鹼性，再繼續滴定直至碳酸氫鈉也全部被作用完而成為碳酸，溶液呈弱酸性。反應式如下：



因此，當 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 、 $\text{NaHCO}_{3(\text{aq})}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ 三種或任兩種混合溶液，仍保有其個別成份，並非可作任意組合。可混合的型態只有：

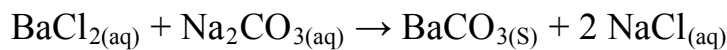


本實驗的待測混合試劑中含有碳酸鈉(sodium carbonate)及碳酸氫鈉(sodium hydrogencarbonate)。分別進行兩次滴定，以求得混合劑量百分比。

第一次滴定實驗以酸性範圍指示劑—溴甲酚綠(bromocresol green)當指示劑，以鹽酸(hydrochloric acid)滴定待測物，待測溶液由亮藍色變成黃色溶液時，表示達滴定終點。所用掉的鹽酸體積以 $V_T$ 表示，此體

積乘上鹽酸的濃度即得所消耗鹽酸的毫莫耳數，此毫莫耳數相當於碳酸氫鈉的毫莫耳數與二倍碳酸鈉毫莫耳數之和。在此滴定過程中，碳酸鈉會先形成碳酸氫鈉達第一個當量點，繼續以鹽酸滴定时，碳酸氫鈉再形成碳酸達第二個當量點，所以鹽酸所用掉的量是碳酸鈉毫莫耳數的 2 倍。

第二次滴定利用 Winkler method。在待測溶液中加入過量的氫氧化鈉均勻攪拌後，氫氧化鈉與待測溶液中的碳酸氫鈉作用形成碳酸鈉，此時待測溶液中的碳酸氫鈉已完全轉變成碳酸鈉，與原來的碳酸鈉混合在一起。再加入氯化鈹於溶液中，全部的碳酸鈉皆形成碳酸鈹沉澱。



則繼續以鹽酸滴定时，溶液中已無碳酸氫鈉或碳酸鈉會與鹽酸作用。此時，於此作用後之溶液中加入酚酞指示劑，溶液呈現紅色，顯示溶液留存有尚未與 $\text{NaHCO}_{3(\text{aq})}$ 作用完的 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 。以鹽酸滴定用以決定未與碳酸氫鈉作用的氫氧化鈉毫莫耳數，所滴定的鹽酸體積以 $V_A$ 表示， $V_A \cdot M_{\text{HCl}}$ 相當於滴定所剩下氫氧化鈉的量。

進行第三次滴定實驗，此為 Winkler method 的空白試驗，相同於第二次滴定過程，以去離子水取代待測液，加入酚酞當指示劑，以鹽酸滴定之，所使用鹽酸的體積以 $V_B$ 表示， $M_{\text{HCl}} \cdot V_B$ 為滴定所使用的鹽酸毫莫耳數相當於溶液中氫氧化鈉的毫莫耳數。此空白溶液未含有任何足以消耗掉 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 的 $\text{NaHCO}_{3(\text{aq})}$ 或 $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ 。所以， $M_{\text{HCl}} \cdot V_B$ 即得空白滴定中 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 的總毫莫耳數，減去 Winkler Method 中所剩下 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 的毫莫耳數即得 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 與 $\text{NaHCO}_{3(\text{aq})}$ 作用掉的毫莫耳數，則 $M_{\text{HCl}} \cdot V_B - M_{\text{HCl}} \cdot V_A$ 即可得碳酸氫鈉的毫莫耳數。

$$\therefore \text{NaHCO}_3 \% = \frac{M_{\text{HCl}} (V_B - V_A) \times 10^{-3} \times 83.99 (\text{M.W.}_{\text{NaHCO}_3})}{\text{樣品總重 } W_{\text{sample}} \times \frac{\text{樣品滴定體積 (10mL)}}{\text{樣品配製體積 } V_{\text{total}}}} \times 100\%$$

於第一次滴定實驗所消耗的鹽酸總毫莫耳數 $M_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{T}}$ 扣除碳酸氫鈉的毫莫耳數 $(M_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{B}} - M_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{A}})$ 即得的二倍碳酸鈉的毫莫耳數。

$$\therefore \text{Na}_2\text{CO}_3 \% = \frac{M_{\text{HCl}} \left\{ [V_{\text{T}} - (V_{\text{B}} - V_{\text{A}})] \times \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times 105.98 (\text{M.W.}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}) \right\}}{\text{樣品總重 } W_{\text{sample}} \times \frac{\text{樣品滴定體積 (10mL)}}{\text{樣品配製體積 } V_{\text{total}}}} \times 100\%$$

### 三、藥品

#### A、自行配製取用

1. 碳酸鈉( Sodium carbonate,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  )：精秤  $0.2 \text{ g} \times 2$ 。(助教事先於  $140^\circ\text{C}$  烘箱中烘乾 1 小時)
2. 0.1 M 鹽酸( Hydrochloric acid,  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  )，250 mL：取 2.1 mL 濃鹽酸稀釋至 250 mL。
3. 0.1 M 氫氧化鈉( Sodium hydroxide,  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  )，100 mL：粗秤 0.4 g  $\text{NaOH}$  溶解配製成 100 mL。
4. 10 % (w/v) 氯化鋇( Barium chloride,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$  )，30 mL：粗秤 3.0 g  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  溶於 30 mL 去離子水中。
5. 酚酞指示劑( Phenolphthalein indicator,  $(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2\text{COC}_6\text{H}_4\text{CO}$  )：使用自己抽屜中配製好的。

#### B、助教配製

1. 甲基橙指示劑( Methyl orange,  $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{O}_3\text{SNa}_{(\text{aq})}$  )：0.01 g 甲基橙溶於 10 mL 去離子水中。
2. 溴甲酚綠指示劑( Bromocresol green,  $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{SO}_5_{(\text{aq})}$  )：0.01 g 溴甲酚綠溶於 2 mL 酒精及 8 mL 去離子水中。

### 四、器材

1. 量筒：100 mL
2. 體積量瓶：100 mL，250 mL
3. 錐形瓶：125 mL  $\times$  2，250 mL  $\times$  4
4. 體積型吸量管：10 mL，25 mL
5. 滴定管
6. 濾紙

## 五、步驟

### A、標定鹽酸

1. 精秤 0.2 g 碳酸鈉( $W_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ )放入 250 mL 錐形瓶中，加入 50 mL 去離子水、2 滴甲基橙攪拌溶解，此時溶液呈黃色。
2. 以 0.1 M  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  滴定，溶液逐漸由黃色轉變成橘紅色。
3. 滴定將達終點前，將此溶液煮沸 2~3 分鐘(以除去大氣中所溶入的  $\text{CO}_2$ )至橘紅色變淡，甚至回復呈黃橙色，冷卻之，再繼續滴定之終點變桃紅色為止，記錄所用的鹽酸體積為  $V_{\text{HCl}}$ 。
4. 重複步驟 1~3。
5. 計算被標定鹽酸的濃度，求平均值。

### B、碳酸鈉、碳酸氫鈉與鹽酸反應

1. 向助教領取待測樣品。
2. 吸取 10 mL 待測液置於 125 mL 錐形瓶中，加入 2 滴溴甲酚綠，以標定過之 0.1 M  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  滴定。
3. 被滴定液由亮藍色變成綠色，再轉變為黃色時，表示達滴定終點，記錄鹽酸所使用的體積為  $V_{\text{T}_1}$ 。
4. 重複步驟 1~3，得使用鹽酸體積  $V_{\text{T}_2}$ 。

### C、Winkler Method

1. 吸取 10 mL 待測液放入 250 mL 錐形瓶中，用吸量管加入 0.1 M  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  25 mL 均勻攪拌混合後，再加 10 mL  $\text{BaCl}_{2(\text{aq})}$  和 2 滴酚酞。
2. 以標定過的鹽酸滴定，當溶液由玫瑰紅轉變為無色，則表示到達滴定終點(註：溶液中白色沉澱物為碳酸鋇沉澱，因為有碳酸鋇沉澱，於攪拌時溶液呈乳白色混濁狀液體)，記錄所使用鹽酸體積為  $V_{\text{A}_1}$ 。
3. 重複步驟 1~2，得使用鹽酸體積  $V_{\text{A}_2}$ 。
4. 算  $V_{\text{A}_1}$ 、 $V_{\text{A}_2}$  的平均值  $V_{\text{A}}$ 。

**D、空白測試**

1. 以 10 mL 去離子水取代 10 mL 待測液，重複 C 步驟 1~2，記錄所用鹽酸體積為  $V_B$ 。

**E、計算實驗值，將結果給助教簽核，向助教取得標準值，計算相對誤差。**

## 六、實驗數據處理

### A、標定鹽酸

實驗次數	1	2
$W_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$	_____ g	_____ g
$V_{\text{HCl}}$	_____ mL	_____ mL
$M_{\text{HCl}}$	(算式)  _____ = _____ M	(算式)  _____ = _____ M
平均值 $M_{\text{HCl}}$	_____ M	

### B、碳酸鈉、碳酸氫鈉與鹽酸反應

實驗次數	1	2
$V_T$	_____ mL	_____ mL

### C、Winkler Method

實驗次數	1	2
$V_A$	_____ mL	_____ mL

### D、空白試驗

$V_B =$  \_\_\_\_\_ mL

E、 $\text{NaHCO}_3$  %、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  %

$W_{\text{Sample}}$ (由助教告知)	$V_{\text{Total}}$ (由助教告知)
_____ g	_____ mL

$\text{NaHCO}_3$ %	(1) _____ = _____ %
	(2) _____ = _____ %
平均 $\text{NaHCO}_3$ %	_____ %
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ %	(1) _____ = _____ %
	(2) _____ = _____ %
平均 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ %	_____ %

**F、實驗相對誤差**

成份	實驗值(%)	理論值(%)	相對誤差
NaHCO <sub>3</sub>			(算式) _____ = _____ %
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			(算式) _____ = _____ %

**G、實驗技術評分：** \_\_\_\_\_

## 七、實驗問題：

1. 以表格方式列出十種常用指示劑(包含本實驗所使用)的中英文名稱，變色範圍及顏色變化。

	英文名稱	中文名稱	變色範圍	顏色變化
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. 討論指示劑在 $\text{pH} \leq \text{pK}_a - 1$ 時呈現酸性顏色，在 $\text{pH} \geq \text{pK}_a + 1$ 時呈現鹼性顏色。

3.

(a)本實驗步驟B中，鹽酸與 $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 反應時，所使用的指示劑為\_\_\_\_\_。

(b)此指示劑 $\text{pK}_a$ 值為\_\_\_\_\_。

(c)此指示劑的 transition range 為\_\_\_\_\_。

(d)此指示劑  $\text{pH} > \text{\_\_\_\_\_\_}$  呈現鹼性形式的\_\_\_\_\_色。

(e)此指示劑  $\text{pH} < \text{\_\_\_\_\_\_}$  呈現酸性形式的\_\_\_\_\_色。

(f)步驟 B 滴定過程的顏色變化為：

\_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_。

4. 敘述 Winkler Method。

5. 相同濃度的 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 、 $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 混合溶液中，有哪些組合，會因相互作用而使得原本的成份不存在？寫出其作用方程式。

八、實驗廢(固)液處理：

九、實驗心得與討論：

誤差討論：

心得：