

使用熱量法進行酸鹼滴定與中和反應焓變的測定

目標

1. 使用1.0M氫氯酸溶液通過熱量法測定氫氧化鈉溶液的濃度。
2. 計算氫氧化鈉與氫氯酸的中和焓變 ($\Delta H_{\text{中和}}$)。

背景

本實驗涉及兩種熱量法：

1. 將不同體積比例的酸和鹼混合，記錄其溫度變化；
2. 記錄酸鹼滴定過程中的溫度變化。

NaOH(aq)與HCl(aq)的中和反應是放熱反應，故混合溶液溫度會上升，混合的溶液達到最高溫度時即表示酸鹼中和反應達到終點。透過中和反應的化學計量學，我們可以利用達到終點所使用的HCl(aq)體積來計算NaOH(aq)的濃度。

同時，透過找出中和反應達到終點時所上升的溫度，並已知溶液的比熱容和質量(假設混合溶液的密度與水的相若)，可以計算酸鹼中和反應釋放的熱量。把其熱量除以生成的水的摩爾數，便能計算該反應的中和焓變 ($\Delta H_{\text{中和}}$)。

本實驗不僅對NaOH(aq)濃度進行定量測量，亦可讓學生了解中和反應的熱化學特性，尤其是焓變，這正是化學反應的重要特徵之一。本次實驗將對兩種熱量方法的優點及缺點進行比較和討論。

相關課題

- 課題四 酸與鹼
- 課題八 化學反應與能量
- 課題十五 分析化學

安全措施

- 進行實驗時必須佩戴安全護目鏡和實驗袍。
- 避免直接接觸HCl(aq)和NaOH(aq)。如有皮膚接觸，立即用水沖洗。

儀器和化學品

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| ● 聚苯乙烯杯 x 7 (帶蓋) | ● 1.00 M 氫氯酸 (250 cm ³) |
| ● 50 cm ³ 量筒 x 5 | ● 氫氧化鈉溶液 (未知濃度) |
| ● 滴定管 | ● 蒸餾水 |
| ● 25.00 cm ³ 移液管 | ● 過濾漏斗 |
| ● 移液管膠泵 | ● 電子溫度計 |

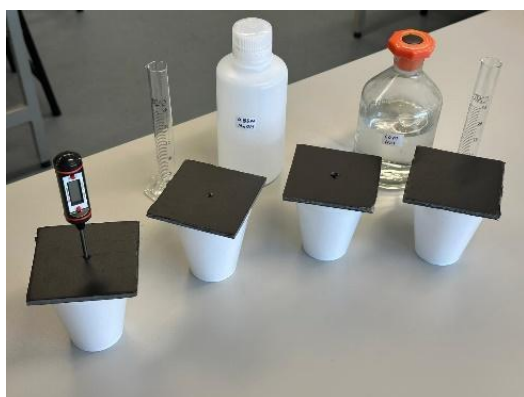
實驗步驟

方法1:

1. 根據下表, 使用量筒測量溶液的體積並將NaOH(aq)先加入不同的聚苯乙烯杯中。

設置	A	B	C	D	E	F	G
HCl(aq)體積 / cm^3	10	15	20	25	30	35	40
NaOH(aq)體積 / cm^3	40	35	30	25	20	15	10

2. 對於設置A, 將電子溫度計插入蓋子／聚苯乙烯板的小孔, 並將其蓋於盛有NaOH(aq)的聚苯乙烯杯上(見圖1)。測量並記錄NaOH(aq)的溫度。



(圖1)

3. 使用另一個量筒測量 10 cm^3 HCl(aq)並加入裝有NaOH的聚苯乙烯杯中。混合後蓋上蓋子／聚苯乙烯板。
4. 測量混合溶液的最高溫度並記錄在表1中。
5. 根據步驟1中的設置組合, 重複步驟2至4, 完成設置B至G。
6. 使用表1中記錄的數據, 繪製圖表以測定中和反應的終點, 從而計算NaOH(aq)的濃度。
7. 從圖表中找出中和反應終點的溫度升幅, 並計算中和反應的焓變(kJ mol^{-1})。

方法2:

1. 用移液管移取 25.00 cm^3 NaOH(aq) 至聚苯乙烯杯中。使用帶有兩個小孔的蓋子／聚苯乙烯板蓋在聚苯乙烯杯上。將電子溫度計插入其中一個小孔(見圖2)。



(圖2)

2. 使用溫度計測量 NaOH(aq) 的初始溫度並記錄在表2中。
3. 將 50 cm^3 HCl(aq) 加入滴定管。將滴定管放置在聚苯乙烯杯上方, 並將其噴嘴插入蓋子／聚苯乙烯板的孔中(見圖2)。
4. 從滴定管中加入 2 cm^3 HCl(aq) 至盛有 NaOH(aq) 的聚苯乙烯杯中。
5. 將溶液完全混合。測量混合物達到的最高溫度, 並記錄在表2中。
6. 繼續以 2 cm^3 HCl(aq) 為單位逐份加入至聚苯乙烯杯中。每次加入後, 將溶液完全混合並測量溫度上升時的最高溫度(或溫度下降時的最低溫度)。將這些溫度記錄在表2中。
7. 重複步驟6, 直到加入共 40 cm^3 HCl(aq) 。
8. 使用表2中記錄的數據, 繪製圖表以測定中和反應的終點, 從而計算 NaOH(aq) 的濃度。
9. 從圖表中找出中和反應終點的溫度變化, 並計算中和反應的焓變(kJ mol^{-1})。

結果與數據分析

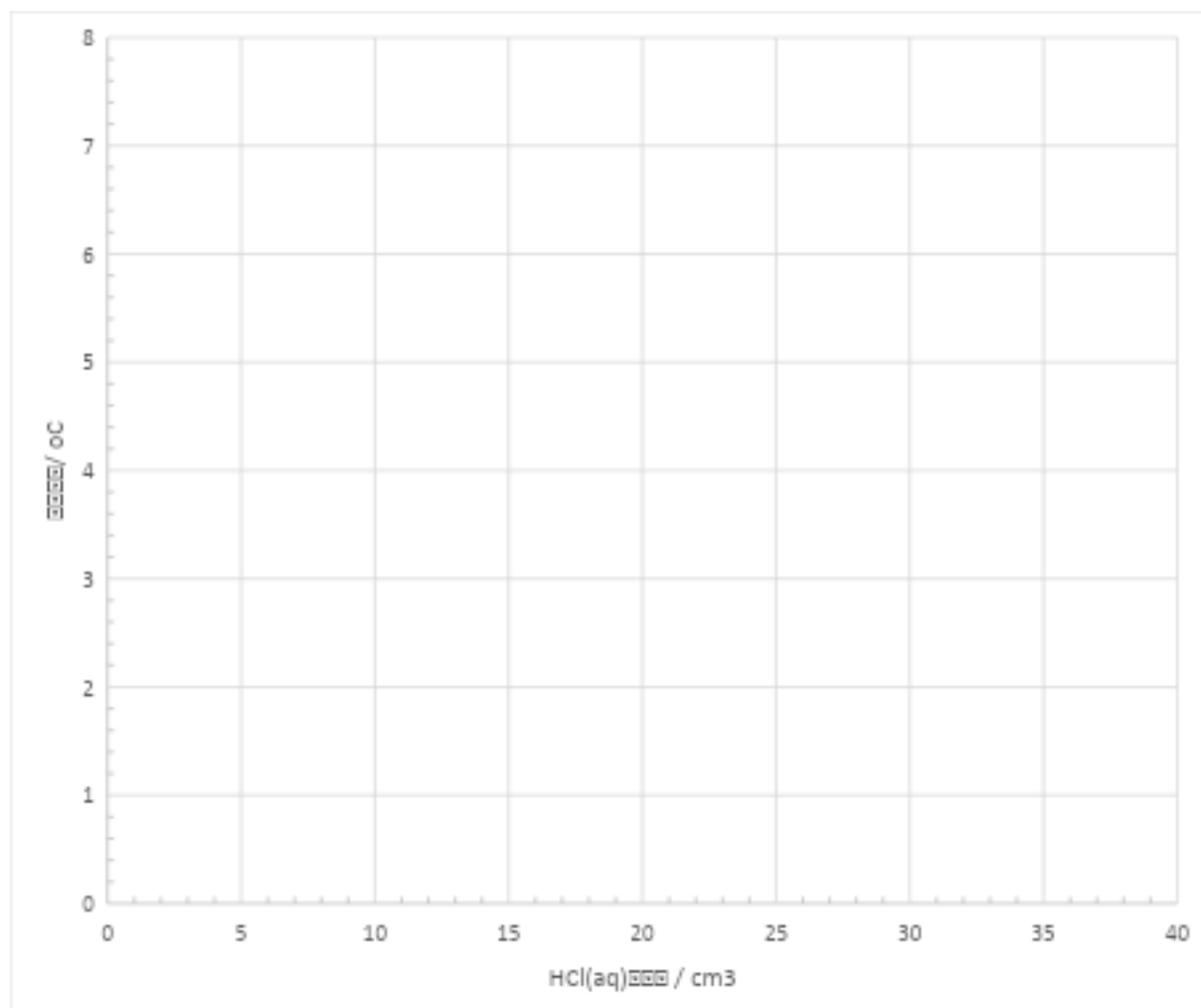
方法1:

表1

設置	A	B	C	D	E	F	G
HCl(aq)的體積 / cm^3	10	15	20	25	30	35	40
NaOH(aq)的體積 / cm^3	40	35	30	25	20	15	10
NaOH(aq)的起始溫度 / $^{\circ}\text{C}$							
混合溶液達到的最高溫度 / $^{\circ}\text{C}$							
溫度變化 / $^{\circ}\text{C}$							

1. 使用表1中記錄的數據，繪製坐標圖以確定中和NaOH(aq)所需的HCl(aq)體積。

圖表1:



2. 根據圖表1, 計算NaOH(aq)的濃度。

3. 找出HCl(aq)與NaOH(aq)中和反應終點的溫度升幅, 從而計算中和反應的焓變。

方法2:

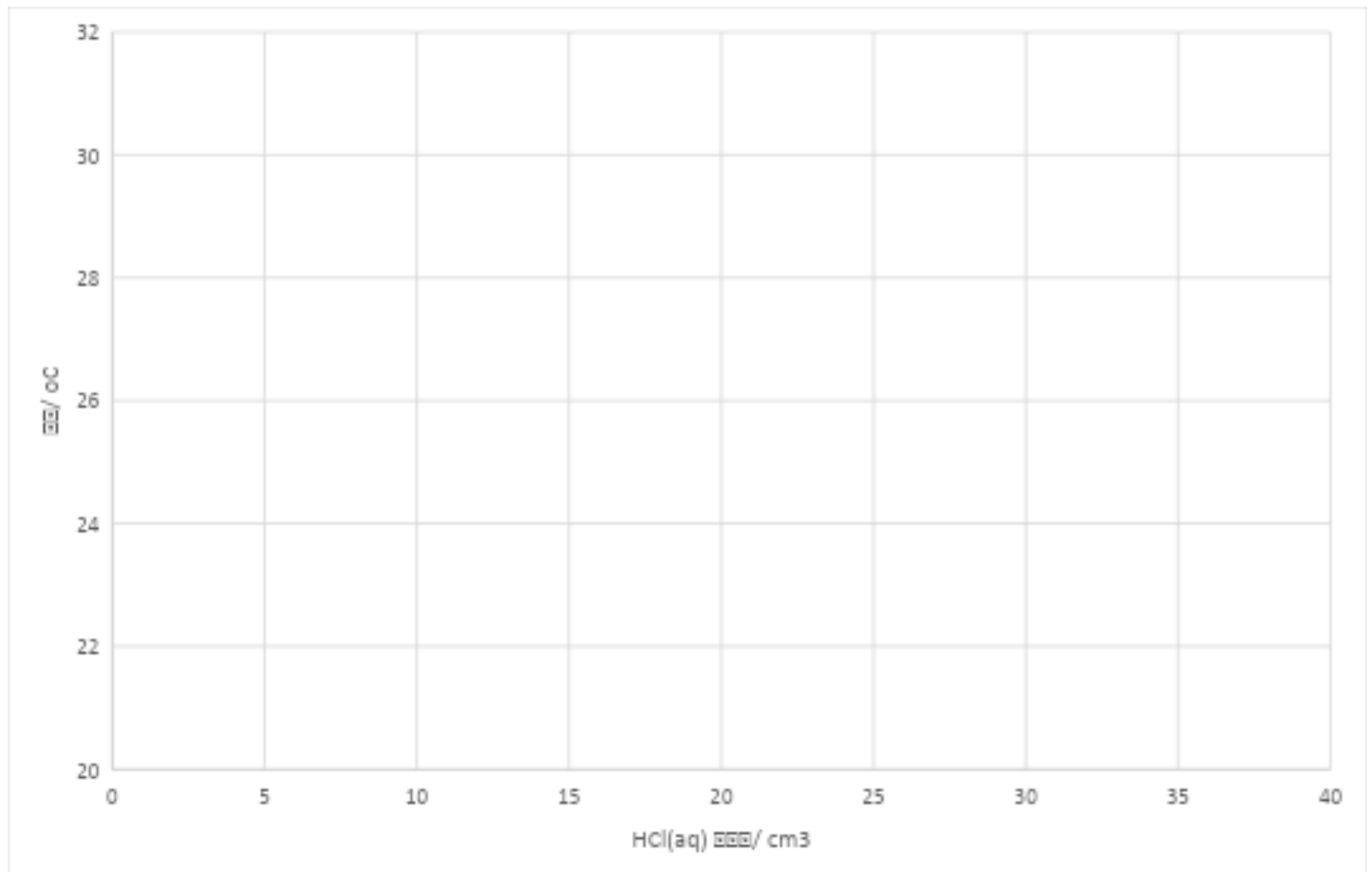
表2

HCl(aq)的體積/ cm ³	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0
* 混合溶液的最高(或最低)溫度 / °C							
HCl(aq)的體積/ cm ³	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
* 混合溶液的最高(或最低)溫度 / °C							
HCl(aq)的體積/ cm ³	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0
* 混合溶液的最高(或最低)溫度 / °C							

*當溫度上升時, 記錄混合物的最高溫度;當溫度下降時, 記錄混合物的最低溫度。

4. 使用表2中記錄的數據，繪製坐標圖以測定完全中和NaOH(aq)所需的HCl(aq)體積。

圖表2：



5. 根據圖表2，計算NaOH(aq)的濃度。

6. 找出HCl(aq)與NaOH(aq)中和反應終點的溫度變化，從而計算中和反應的焓變。

討論

1. 計算中和反應焓變時應作出哪些假設？
2. 比較並評論方法1和方法2的結果。(已知NaOH(aq)的準確濃度為0.85M, 強酸與強鹼反應的標準中和焓變為 $-57.62 \text{ kJ mol}^{-1}$)
3. 分別說明方法1和方法2在測定NaOH(aq)濃度方面的優勢。