

反應熱之測定

- 國立臺灣大學化學系，大學普通化學實驗第 16 版，國立臺灣大學化學系：台北，民國 113 年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得本系同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組葉芝嵐助教（2008.10）、林哲仁助教（2011.07）、張馨云助教（2016.10）、余瑞琳講師（2024.09）。

一、目的：使用自製簡單卡計，測量酸鹼中和、固體溶解及氧化還原反應之反應熱；並應用赫斯定律（Hess' Law）測定氧化鎂之莫耳生成熱。

二、實驗技能：學習藥品稱量、體積量測及電子數字溫度計之使用等實驗技能。

三、原理：

（一）反應熱之測定

本實驗利用保麗龍杯裝置一個簡單卡計來測量反應熱。假設卡計可以隔絕熱量的進出 ($q_{\text{系統}} = 0$)，反應的熱量變化 ($q_{\text{反應}}$) 會由卡計與其內容物所吸收或放出 ($q_{\text{卡計}}$ 及 $q_{\text{水溶液}}$)，如式 1。藉由測量卡計與其內所含水溶液溫度的變化 ($\Delta T = T_{\text{平衡}} - T_{\text{初溫}}$) 可測得 $q_{\text{反應}}$ (式 2)。再依據此反應限量試劑之莫耳數 (n)，即可獲得莫耳反應熱 ΔH (式 3)。式中 C 為卡計的熱容量 (heat capacity)，是指使卡計溫度升高或降低 1°C 所需吸收或放出的熱量， m 為水溶液的質量， s 為水溶液的比熱 (specific heat)。

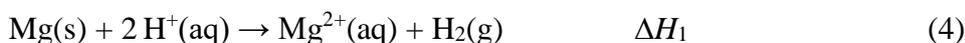
$$q_{\text{系統}} = q_{\text{反應}} + q_{\text{卡計}} + q_{\text{水溶液}} = 0 \quad (1)$$

$$q_{\text{反應}} = -[q_{\text{卡計}} + q_{\text{水溶液}}] = -[C \cdot \Delta T + m \cdot s \cdot \Delta T] \quad (2)$$

$$\Delta H = q_{\text{反應}} \div n \quad (3)$$

（二）赫斯定律之應用—氧化鎂之莫耳生成熱

反應熱具有加成性 (law of constant heat summation)，也就是當一個化學反應方程式能以二或多個反應方程式的代數和表示時，其反應熱為此二或多個反應熱的代數和，稱為赫斯定律。應用此定律可將一些不易由實驗方法直接測得的反應熱藉由其他易測、已知的反應熱，經計算的方式求得。本實驗測量鎂及氧化鎂分別和鹽酸反應之反應熱 (式 4 及 5)，再利用水的莫耳生成熱 (-285.8 kJ/mol 或 -68.31 kcal/mol ，式 6) 及赫斯定律，可計算氧化鎂的莫耳生成熱 (式 7)。

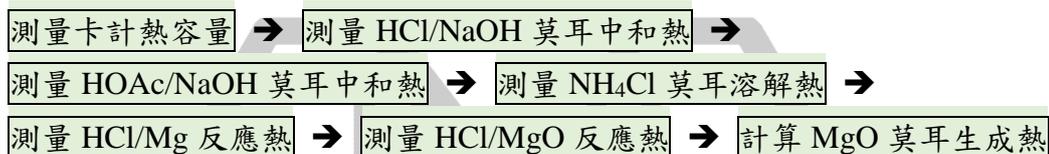




四、儀器與材料：保麗龍杯（250 mL，2 個）、杯蓋、電子數字型溫度計、燒杯（400 mL）、量筒（50 mL）、計時器、電子天平。

五、藥品：鎂片（Mg）、氯化銨（ammonium chloride, NH_4Cl ）、氧化鎂（magnesium oxide, MgO ）、1.0 M 氫氧化鈉（sodium hydroxide, NaOH ）、1.0 M 鹽酸（hydrochloric acid, HCl ）、1.0 M 醋酸（acetic acid, CH_3COOH ）

六、實驗流程：



七、實驗步驟：

步驟		圖例
(一) 卡計熱容量之測定		
1.	將兩個保麗龍杯洗淨擦乾後加上杯蓋，套疊放在 400 mL 燒杯中，裝置一組卡計。	
2.	以量筒量取約 50 mL 去離子水，記錄精確體積後加於卡計中。靜置 1~2 分鐘使水與卡計達到溫度平衡，以溫度計測量及記錄冷水溫度。	
3.	取部分熱水於 100 mL 燒杯中，加入適量冷水，調整成為比冷水高約 10~15°C 之溫水。以量筒量取約 50 mL 溫水，記錄精確體積。靜置 1~2 分鐘讓溫水與量筒達到溫度平衡，測量、記錄溫水溫度，迅速將溫水倒入裝著冷水的卡計中。 註：每次測量溫度前，應以自來水沖洗測溫棒，使之回復室溫。測溫棒的前端感測區必須置於溶液中央位置不貼靠器壁。	

	<p>迅速蓋好杯蓋並插回溫度計，以手搖動杯子的方式使冷水與溫水混合並達溫度平衡，記錄此溫度。</p>	
<p>(二) 鹽酸－氫氧化鈉中和反應熱之測定</p>		
<p>5.</p>	<p>將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾。 註：每次更換溶液均需將兩個保麗龍杯與杯蓋拆開沖洗並擦乾，以免前次實驗殘留於杯中的物質或熱量影響下一次的測定。</p>	
<p>6.</p>	<p>量取約 50 mL 之 1.0 M HCl 於卡計中，待水溶液與卡計達溫度平衡後，測量並記錄溫度與精確體積。</p>	
<p>7.</p>	<p>以量筒量取約 50 mL 之 1.0 M NaOH，記錄精確體積。待水溶液與量筒達溫度平衡後測量並記錄溫度，然後倒入內盛裝 HCl(aq) 的卡計中。 註：每次更換溶液時，以少量待量取溶液潤洗量筒，以避免量筒中殘留水分稀釋溶液濃度。</p>	
<p>8.</p>	<p>迅速蓋好杯蓋並插回溫度計後，以手搖動杯子的方式，使二者均勻混合。混合反應期間持續觀察記溫度變化，放熱反應以最高溫度、吸熱反應則以最低溫度作為反應平衡溫度。 註：酸鹼中和反應之速率很快，溫度很快即達到平衡。</p>	
<p>(三) 醋酸－氫氧化鈉中和反應熱的測定</p>		
<p>9.</p>	<p>重複步驟 5~8，但改為量取 1.0 M CH₃COOH 與 1.0 M 之 NaOH 反應。</p>	

(四) 氯化銨溶解熱的測定

10. 將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾。量取約 50 mL 去離子水加入卡計中，靜置使水與卡計達溫度平衡，測量並記錄水溫與精確體積。



11. 稱取約 3 g 的 NH_4Cl 固體，記錄精確重量，然後全部加入卡計中。



12. 重複步驟 8，決定溶解反應的平衡溫度。
註：充分搖動卡計，讓固態反應物反應完全。



(五) 氧化鎂莫耳生成熱之測定

13. 將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾。量取約 100 mL 之 1.0 M HCl 置於卡計中，靜置使溶液與卡計達到溫度平衡後，測量並記錄其溫度與精確體積。



14. 稱取約 0.2 g 鎂片，記錄其精確重量後，加入於卡計中。
重複步驟 8，決定反應的平衡溫度。



15. 反應完全後，將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾，重新再量取約 100 mL 之 1.0 M HCl 置於卡計中，精確稱取約 0.7 g 氧化鎂與其反應，並決定反應的平衡溫度。

註：充分搖動卡計，讓氧化鎂完全反應。



16.

計算上述所有反應之莫耳反應熱及氧化鎂莫耳生成熱。

註：設水溶液之密度及比熱均與水相同，分別為 1.0 g/mL 及 $1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ($4.184 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$)。

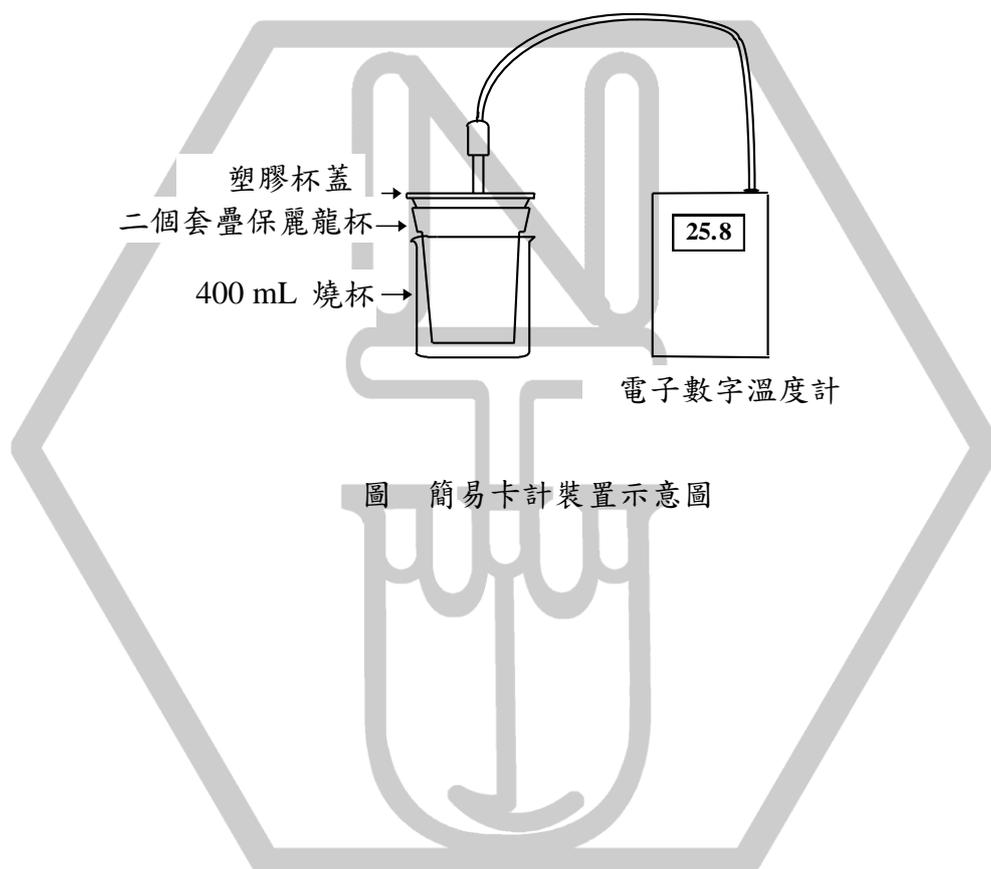
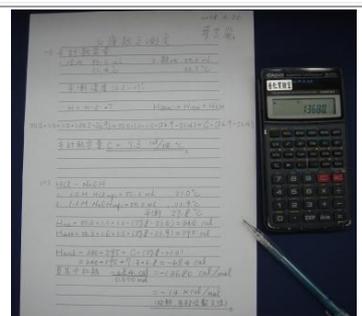


圖 簡易卡計裝置示意圖