

# 反應熱之測定

- 國立臺灣大學化學系，普通化學實驗，國立臺灣大學出版中心：台北，民國105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）。

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's 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

化學反應通常伴隨著能量的變化，如果反應在定壓下進行，則能量的變化稱為反應熱（heat of reaction），以 $\Delta H$ 表示， $\Delta H = q_p$ 。反應若釋出能量則為放熱反應， $\Delta H$ 為負值（ $\Delta H < 0$ ）；反應若吸收能量則為吸熱反應， $\Delta H$ 為正值（ $\Delta H > 0$ ）。

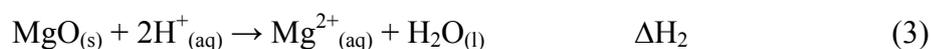
本實驗，利用日常物品保麗龍杯裝置一個簡單的"卡計"，來測量反應熱。由於在反應過程中，卡計本身亦會吸收反應所產生的熱量，因此，首先必須測量出卡計的熱容量（heat capacity, C）。卡計的熱容量，是指使卡計溫度升高或降低 $1^\circ\text{C}$ 所須吸收或放出的熱量。藉著將定量熱水加入卡計內的定量冷水中，由於熱水所釋出的熱量應等於冷水與卡計所吸收的熱量，因此測量其溫度的變化再經由計算，就可測得卡計的熱容量。反應熱（ $\Delta H$ ），則可由卡計本身的熱容量及卡計所含內容物（如水溶液）溫度的變化（ $\Delta T$ ）計算求得，其中假設所有水溶液之密度及比熱均與水相同，分別為 $1.0\text{ g/mL}$ 及 $1\text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ ：

$$\begin{aligned}\Delta H &= -q_{\text{卡計}} \\ &= -[\text{卡計吸(放)熱} + \text{水溶液吸(放)熱}] \\ &= -[C \cdot \Delta T + m \cdot s \cdot \Delta T]\end{aligned}\quad (1)$$

## （二）赫斯定律之應用－氧化鎂之莫耳生成熱

化學反應之反應熱具有加成性，也就是當一個化學反應方程式能以兩個（或多個）其他反應方程式的代數和表示時，其反應熱為此兩個（或多

個) 反應熱的代數和，稱為赫斯定律。本實驗，測量鎂與氧化鎂分別和酸反應之反應熱，反應方程式如式 2 與 3，再利用水的莫耳生成熱為  $-285.8 \text{ kJ/mol}$  ( $-68.4 \text{ kcal/mol}$ ) 及赫斯定律，可計算得氧化鎂的莫耳生成熱(式 5)。



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）、硝酸銨（ammonium nitrate,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ）、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,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ）

六、實驗流程：



七、實驗步驟：

步驟	示範
(一) 卡計熱容量之測定	
1. 將兩個保麗龍杯洗淨擦乾後，套疊放在 400 mL 燒杯中，裝置一卡計。	
2. 以量筒量取 50 mL 蒸餾水，記錄精確體積後加入卡計中，靜置約 3 分鐘，使水與卡計達到溫度平衡，以溫度計測量及記錄水溫，讀記到小數點下一位。  註：量筒之使用，參考實驗技能與示範影片。	

3.	<p>取部分熱水於 100 mL 燒杯中，加入適量冷水，調整成水溫大約比冷水高約 10~15°C 之溫水後，再以量筒量取此溫水 50 mL，讓溫水在量筒中靜置約 3 分鐘，使水與量筒達到溫度平衡，再測量記錄水溫與體積，然後迅速將溫水全部倒入盛裝冷水的卡計中。</p> <p>註：溫度計的測溫棒在每次測溫前，均應以自來水沖洗使回復室溫，並且測溫棒的前端必須置於溶液中央位置不貼靠器壁。</p>	
4.	<p>迅速蓋好杯蓋並插回溫度計，以手搖動杯子的方式使冷熱水混合並達溫度平衡，記錄此溫度。</p>	
(二) 鹽酸－氫氧化鈉中和反應熱之測定		
5.	<p>將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾。</p> <p>註：每次更換溶液均需將兩個保麗龍杯沖洗並擦乾，以免前次實驗殘留於杯中的熱量影響下一次的測定。</p>	
6.	<p>以量筒量取 50 mL 之 1.0 M HCl 溶液，記錄精確體積後置於卡計中，待水溶液與卡計達溫度平衡後，再測量記錄溫度。</p>	
7.	<p>以量筒量取 50 mL 之 1.0 M NaOH 溶液，記錄精確體積；待水溶液與量筒達溫度平衡後測量記錄溫度，然後倒入內盛裝 HCl(aq) 的卡計中。</p>	

8.	<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溫度變化，若為放熱反應則以最高溫，若為吸熱反應則以最低溫為反應平衡溫度。</p> <p>註：酸鹼中和反應之速率很快，溫度很快即達到平衡。</p>	
(三) 醋酸－氫氧化鈉中和反應熱的測定		
9.	<p>重覆步驟 5~8，但改為 1.0 M <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math> 與 1.0 M 之 <math>\text{NaOH}</math> 反應。</p>	
(四) 硝酸銨溶解熱的測定		
10.	<p>將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾。量取 50 mL 蒸餾水，記錄精確體積後加入卡計中，靜置約 3 分鐘使水與卡計達溫度平衡，測量記錄水溫。</p>	
11.	<p>稱取約 4 g 的 <math>\text{NH}_4\text{NO}_3</math> 固體，記錄精確重量，然後全部加入於卡計中。</p> <p>註：電子天平之使用，參考實驗技能與示範影片。</p>	
12.	<p>重覆步驟 8，決定溶解反應的平衡溫度。</p> <p>註：硝酸銨固體溶解之速率較慢，需充分搖動卡計讓反應完全。</p>	
(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 100 mL 之 1.0 M HCl 溶液置於卡計中，靜置約 3 分鐘使溶液與卡計達到溫度平衡後測量記錄其溫度。	
14.	稱取約 0.2 g 鎂片，記錄其精確重量後，加入於卡計中。	
15.	重覆步驟 8，決定反應的平衡溫度。	
16.	反應完全後，將溫度計與保麗龍杯洗淨擦乾，重新再量取 100 mL 之 1.0 M HCl 溶液置於卡計中，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。	
17.	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 g/mL 及 1 cal/g·°C。	