



國立中正大學

*National Chung Cheng University*



積極創新 修德澤人



Photo by [Jarosław Kwoczała](#) on [Unsplash](#)

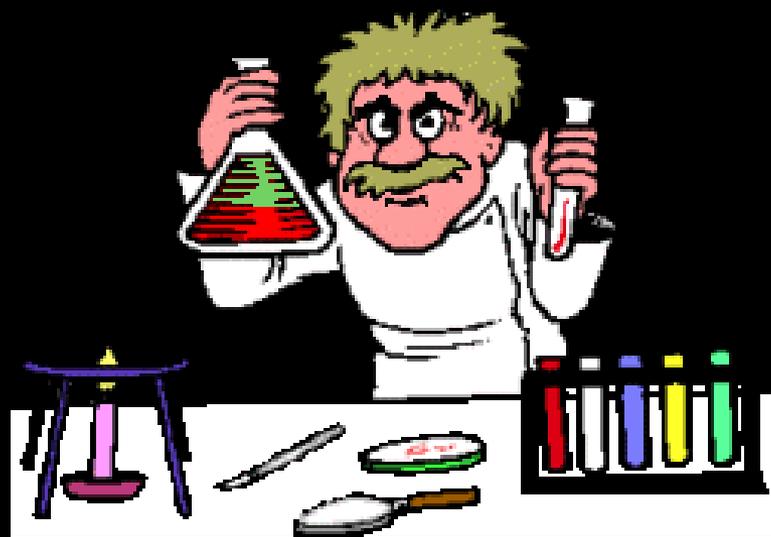
# 114-1

## 實驗三、反應熱的測定

114.12.01 ~ 114.12.07 (預估操作時間: 1.5 小時)

# 一、目的

使用自製的卡計，測量**酸鹼中和**及**固體溶解**過程中  
熱量變化；並應用**赫斯定律**，測定氧化鎂之**莫耳生成熱**。



# 二、原理

## (一) 反應熱的測定

化學反應通常伴隨著能量的改變，如果反應在常壓下進行，則能量的變化稱為**反應熱 (heat of formation)**，以  $\Delta H$  表示。若將反應在絕熱的環境下進行，就可以藉著測量溫度的變化而計算反應放出或吸收的熱量。

在本實驗中，利用簡單的“**卡計**”，來測量反應的熱量變化。由於在反應過程中，卡計本身也會吸收反應所產生的熱量；因此，**必須先測量出卡計的熱容量 (heat capacity)**。

# 卡計熱容量的計算

$T_1$  : 卡計與  $x$  mL 冷水達到平衡的溫度

$T_2$  :  $y$  mL 熱水的溫度

$T_f$  : 冷水與熱水混合後的平衡溫度

$\Delta H_1$  : 熱水放出的熱量 =  $(T_2 - T_f) ^\circ\text{C} \times (y \text{ mL}) \times (1 \text{ g/mL})$   
 $\times (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C})$

$\Delta H_2$  : 冷水吸收的熱量 =  $(T_f - T_1) ^\circ\text{C} \times (x \text{ mL}) \times (1 \text{ g/mL})$   
 $\times (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C})$

$\Delta H_3$  : 卡計吸收的熱量 =  $(T_f - T_1) ^\circ\text{C} \times (\text{卡計熱容量}$   
 $\text{cal} / ^\circ\text{C})$

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

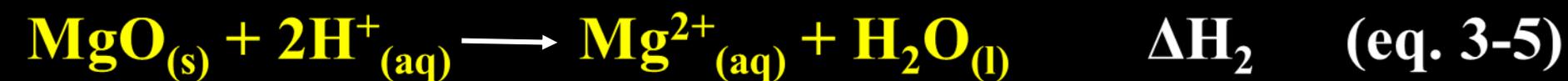
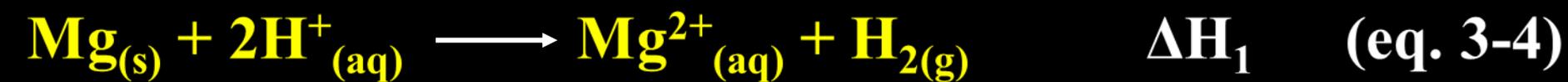
## (二) 赫斯定律之應用—氧化鎂之莫耳生成熱

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** (Hess's law)。

在本實驗中，測量鎂與氧化鎂分別與酸反應之反應熱，反應方程式如式 3-4 與式 3-5，並利用水的莫耳生成熱為  $-285.8 \text{ kJ/mol}$  ( $-68.4 \text{ kcal/mol}$ ) 式 3-6 及**赫斯定律** (Hess's law)，可求得式 3-7。

莫耳生成熱：

25 °C、1 atm 下，1 莫耳化合物由其成份元素化合而成之  
熱量變化。



$$\Delta\text{H}_f^\circ(\text{MgO}) = \Delta\text{H}_1 - \Delta\text{H}_2 + \Delta\text{H}_f^\circ(\text{H}_2\text{O})$$



# 三、器材與藥品

## 器材

助教提供

保麗龍杯 (250 mL) × 2  
杯蓋 × 1

電子數字型溫度計 × 1

器材櫃內

量筒 (100 mL) × 1

## 藥品

鎂粉 (Mg) 0.2g\*

1 M 醋酸 (CH<sub>3</sub>COOH)\*\*\*

1 M 氫氧化鈉 (NaOH)\*\*

氧化鎂 (MgO) 0.7g\*

硝酸銨 (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)\*\*

1 M 鹽酸 (HCl)\*\*\*

\* : 具有腐蝕性

\*\* : 具有刺激性

\* : 具有氧化性

\*\* : 具有易燃性

\* : 具有毒性

參考資料 : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

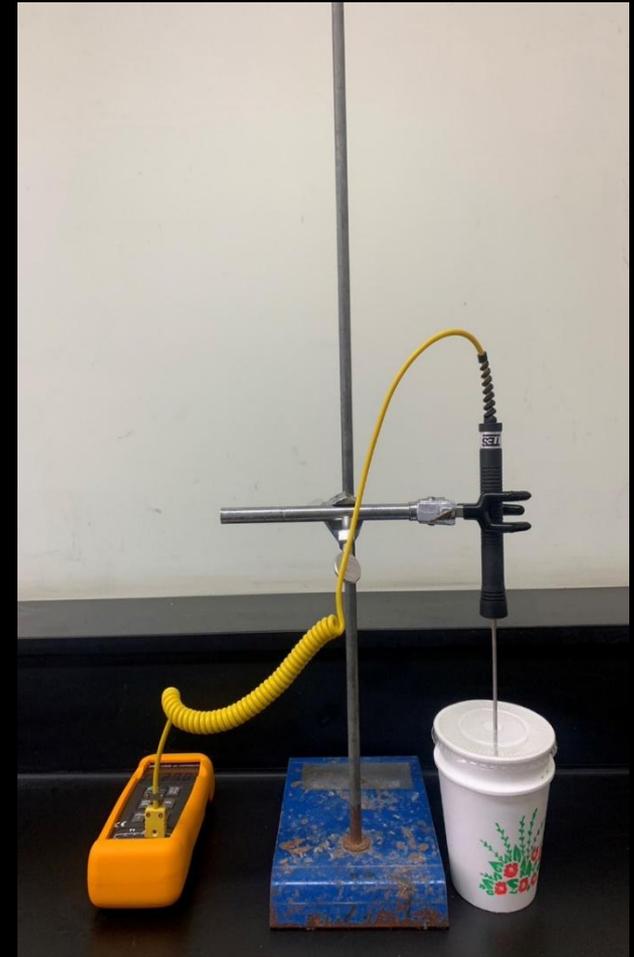
# 四、實驗步驟

## (一) 卡計熱容量之測定

1. 如圖二所示，裝置一卡計。



圖一、電子溫度計控制板



圖二、簡易卡計裝置。

2. 在卡計中加入 50.0 mL 蒸餾水，靜置約 3~5 分鐘，使水與卡計達到溫度平衡後，再記錄冷水溫度。
3. 另用 100.0 mL 量筒，量取 50.0 mL 的熱水(水溫以比冷水高約 15~20°C 較適宜)，靜置 3~5 分鐘，使水與量筒達到平衡溫度後，記錄水溫；然後迅速將熱水倒入裝著冷水的卡計中。
4. 蓋好杯蓋並插回溫度計後，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。

## (二) 鹽酸－氫氧化鈉中和反應熱之測定

1. 量取 50.0 mL 之 1 M  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  置於卡計中並量取溫度。
2. 以量筒量取 50.0 mL 之 1 M  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ ，記錄精確體積及溫度。
3. 將 1 M  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  倒入內裝有 1 M  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  的卡計中。蓋好杯蓋並插回溫度計後，手搖動杯子使二者均勻混合，持續觀察溫度變化。

## (三) 醋酸－氫氧化鈉中和反應熱之測定

1. 量取 50.0 mL 之 1 M  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$  置於卡計中並量取溫度。
2. 以量筒量取 50.0 mL 之 1 M  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ ，記錄精確體積及溫度。
3. 將 1 M  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  倒入內裝有 1 M  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$  的卡計中。蓋好杯蓋並插回溫度計後，手搖動杯子使二者均勻混合，持續觀察溫度變化。

## (四) 硝酸銨溶解熱之測定

1. 在卡計中加入 50.0 mL 蒸餾水，靜置 3~5 分鐘，使水與卡計達到溫度平衡後，記錄水溫。
2. 稱取約 4 g 的  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  並計錄精確重量，然後全部加入於卡計中。
3. 手搖動杯子使二者均勻混合，反應期間持續觀察溫度變化。

## (五) 氧化鎂莫耳生成熱之測定

1. 量 100.0 mL 之 1 M HCl 溶液置於卡計中，靜置 3~5 分鐘使溶液與卡計達到溫度平衡後記錄其溫度。
2. 秤取約 0.2 g 鎂粉並紀錄其精確重量，再加入於卡計中。
3. 手搖動杯子使二者均勻混合，反應期間持續觀察溫度變化。
4. 反應完成後，將溫度計和卡計杯洗淨擦乾。

5. 重新量取 100.0 mL 之 1 M  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  溶液置於卡計中。
6. 秤約 0.7 g 氧化鎂放入烘箱烘乾 30 分鐘，並紀錄其精確重量再加入於卡計中。
7. 以手搖動杯子的方式，使二者均勻混合，反應期間持續觀察溫度變化。

# 五、注意事項

1. 溫度計的測溫棒前端必須置於溶液中央位置不貼靠器壁。
2. 本實驗所有反應，比熱和密度皆假設與水相同再進行計算。
3. 鎂粉與鹽酸反應時會產生氫氣，操作時請小心，切記不可靠近火源。
4. 實驗後反應之廢液請倒入特定廢液回收桶，不可隨意倒入水槽。

5. 混和反應後之溫度變化，若為放熱反應以最高溫為平衡溫度，若為吸熱反應則以最低溫為平衡溫度。
6. 本實驗中所有藥品皆具毒性及一定的危險性，因此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。
7. 實驗進行中，務必要穿著實驗衣，並戴護目鏡、手套和口罩。
8. 所有藥品及實驗器具皆不能帶出實驗室。

# 六、實驗數據與結果

## (一) 卡計的熱容量

冷水體積	mL	熱水體積	mL
冷水溫度	°C	熱水溫度	°C
平衡溫度	°C	卡計熱容量	cal/°C

## (二) 鹽酸-氫氧化鈉的中和熱

1.0 M HCl <sub>(aq)</sub> 體積	mL	1.0 M NaOH <sub>(aq)</sub> 體積	mL
HCl <sub>(aq)</sub> 初溫	°C	NaOH <sub>(aq)</sub> 初溫	°C
反應後平衡溫度	°C	熱量變化	cal
莫耳中和熱	kcal/mol		

### (三) 醋酸-氫氧化鈉的中和熱

1.0 M $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 體積	mL	1.0 M $\text{NaOH}_{(aq)}$ 體積	mL
1.0 M $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 初溫	°C	1.0 M $\text{NaOH}_{(aq)}$ 初溫	°C
反應後平衡溫度	°C	熱量變化	cal
莫耳中和熱	kcal/mol		

### (四) 硝酸銨的溶解熱

$\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 重量	g	水的體積	mL
$\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 莫耳數	mol	水的初溫	°C
反應後平衡溫度	°C	熱量變化	cal
莫耳溶解熱	kcal/mol		



1. 已知硝酸銨的莫耳溶解熱之理論值為  $6.5 \text{ kcal/mol}$ ，試推論實驗值與理論值之間產生誤差的原因。

2. 於第(五)部分氧化鎂莫耳生成熱實驗之測定中，  
0.200 g 鎂粉溶於 100 mL 之 1 M HCl 溶液，請問  
何者為限量試劑？

3. 在第一部分的實驗中，假設使用了金屬杯而不是保麗龍杯作為卡計，這對於實驗結果會有什麼影響？請解釋原因。

4. 實驗中為什麼要假設溶液的密度和比熱與水相同？若此假設不成立，會造成什麼影響？

# 八、實驗誤差

	實驗值 (kcal/mol)	理論值 (kcal/mol)	誤差
鹽酸-氫氧化鈉的中和熱			
醋酸-氫氧化鈉的中和熱			
硝酸銨的溶解熱			
氧化鎂莫耳生成熱之測定			

# 國立中正大學化學暨生物化學系

---

教材製作：林盈秀 助教

教材編修：蕭世楷 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：114.09.01