國立中正大學

National Chung Cheng University

積極創新 修德澤人

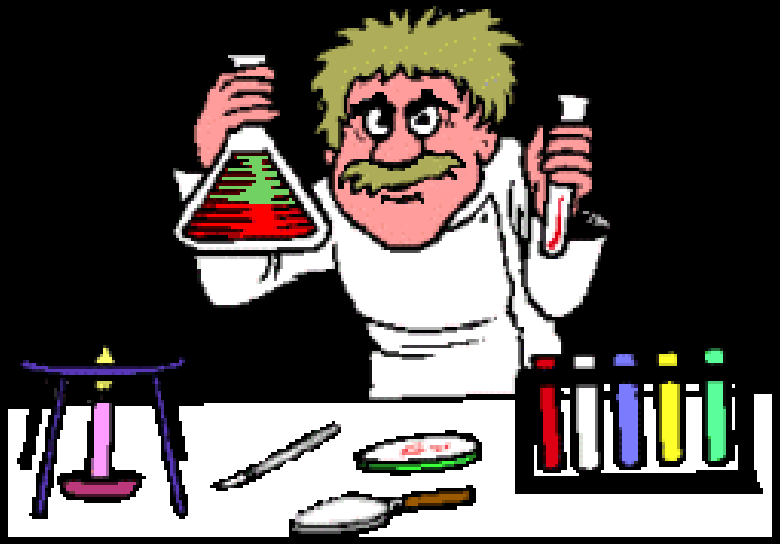
Photo by Jarosław Kwoczała on Unsplash

115-1
實驗三、反應熱的測定

115.11.22 ~ 115.11.28 (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 **ΔH** 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

ΔH_1：熱水放出的熱量 $= (T_2 - T_f)\ ^oC \times (y\ mL) \times (1\ g/mL) \times (1\ cal/g \cdot ^oC)$

ΔH_2：冷水吸收的熱量 $= (T_f - T_1)\ ^oC \times (x\ mL) \times (1\ g/mL) \times (1\ cal/g \cdot ^oC)$

ΔH_3：卡計吸收的熱量 $= (T_f - T_1)\ ^oC \times$ (卡計熱容量 $cal/^oC$)

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

(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 kJ/mol (–68.4 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。

$Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ ΔH_1 (eq. 3-4)

$MgO_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ ΔH_2 (eq. 3-5)

$H_{2(g)} + {}^1/_2O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_f^\circ(H_2O)$ (eq. 3-6)

$Mg_{(s)} + {}^1/_2O_{2(g)} \longrightarrow MgO_{(s)}$ $\Delta H_f^\circ(MgO)$ (eq. 3-7)

$$\Delta H_f^\circ(MgO) = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_f^\circ(H_2O)$$

$-\Delta H_2$ ⟹ $Mg^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow MgO_{(s)} + 2H^+_{(aq)}$

三、器材與藥品

器材

助教提供	器材櫃內
保麗龍杯 (250 mL) × 2	量筒 (100 mL) × 1
杯蓋 × 1	
電子數字型溫度計 × 1	

藥品

鎂粉 (Mg) 0.2g*	氧化鎂 (MgO) 0.7g*
1 M 醋酸 (CH_3COOH)***	硝酸銨 (NH_4NO_3)**
1 M 氫氧化鈉 (NaOH)**	1 M 鹽酸 (HCl)***

*：具有腐蝕性　*：具有氧化性　*：具有毒性
*：具有刺激性　*：具有易燃性

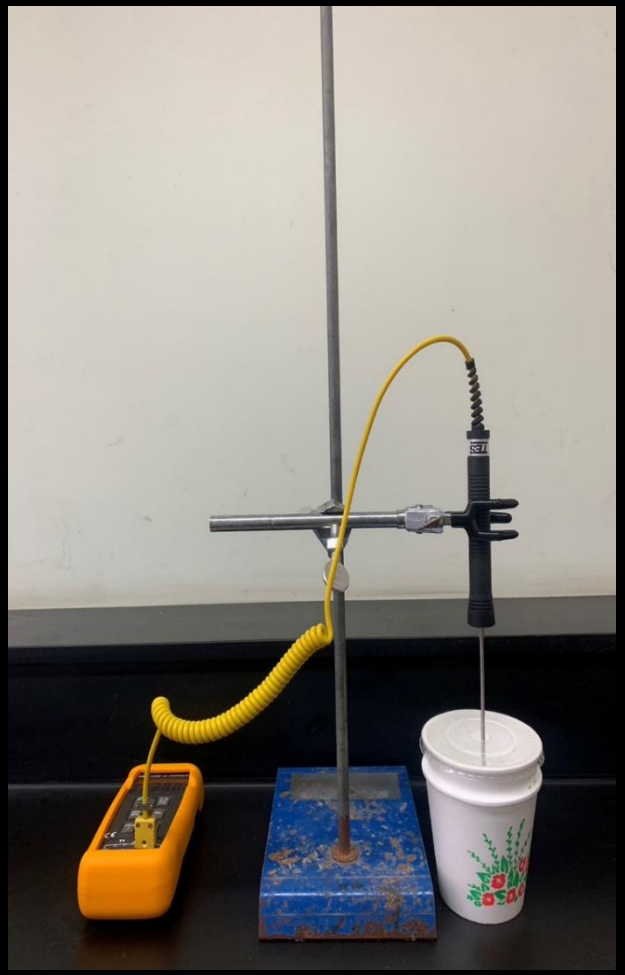
參考資料：https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/

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 $HCl_{(aq)}$ 置於卡計中並量取溫度。
2. 以量筒量取 50.0 mL 之 1 M $NaOH_{(aq)}$，記錄精確體積及溫度。
3. 將 1 M $NaOH_{(aq)}$ 倒入內裝有 1 M $HCl_{(aq)}$ 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 $CH_3COOH_{(aq)}$ 置於卡計中並量取溫度。
2. 以量筒量取 50.0 mL 之 1 M $NaOH_{(aq)}$，記錄精確體積及溫度。
3. 將 1 M $NaOH_{(aq)}$ 倒入內裝有 1 M $CH_3COOH_{(aq)}$ 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. 秤取約 4 g 的 NH_4NO_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之後，放入烘箱烘乾 30 分鐘再加入於卡計中。
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 $HCl_{(aq)}$ 溶液置於卡計中。
6. 秤約 0.7 g 氧化鎂並紀錄其精確重量，放入烘箱烘乾 30 分鐘再加入於卡計中。
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，因此在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	℃	熱水溫度	℃
平衡溫度	℃	卡計熱容量	cal/℃

(二) 鹽酸–氫氧化鈉的中和熱

1.0 M $HCl_{(aq)}$ 體積	mL	1.0 M $NaOH_{(aq)}$ 體積	mL
$HCl_{(aq)}$ 初溫	℃	$NaOH_{(aq)}$ 初溫	℃
反應後平衡溫度	℃	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 $CH_3COOH_{(aq)}$ 體積	mL	1.0 M $NaOH_{(aq)}$ 體積	mL
1.0 M $CH_3COOH_{(aq)}$ 初溫	℃	1.0 M $NaOH_{(aq)}$ 初溫	℃
反應後平衡溫度	℃	熱量變化	cal
莫耳中和熱	kcal/mol		

(四) 硝酸銨的溶解熱

$NH_4NO_{3(S)}$ 重量	g	水的體積	mL
$NH_4NO_{3(S)}$ 莫耳數	mol	水的初溫	℃
反應後平衡溫度	℃	熱量變化	cal
莫耳溶解熱	kcal/mol		

(五) 氧化鎂莫耳生成熱之測定

鎂粉重	g	氧化鎂重	g
Mg 莫耳數	mol	MgO莫耳數	mol
1.0 M HCl 體積	mL	1.0 M HCl 體積	mL
1.0 M HCl 初溫	℃	1.0 M HCl 初溫	℃
H^+ 莫耳數	mol	H^+ 莫耳數	mol
反應後平衡溫度	℃	反應後平衡溫度	℃
熱量變化	cal	熱量變化	cal
莫爾反應熱	kcal/mol	莫爾反應熱	kcal/mol

MgO 莫耳生成熱：_____ kcal/mol

七、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			

八、問題與討論

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

2. 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？

3. 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?

4. 實驗注意事項為何特別強調測溫棒前端必須置於溶液中央，且不能貼靠器壁？

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：沈湘軒 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：115.08.21