



反應熱之測定

2024/09/16修訂

領取專用器材

- 2 個保麗龍杯、1 個杯蓋
- 1 支玻璃滴管與乳帽
- 電子數字溫度計
- 計時器 (助教收發)

準備個人器材

- 400 mL 燒杯
- 50 mL 量筒

- ✓ 排煙櫃中備有2個快煮壺
- ✓ 鹽酸及醋酸均以定量液體分注器取量



定量液體分注器





實驗目的與技能

目的

- 自製保麗龍杯卡計
- 測量
 1. 卡計熱容量 (heat capacity, C)
 2. 鹽酸-氫氧化鈉莫耳中和熱
 3. 醋酸-氫氧化鈉莫耳中和熱
 4. 氯化銨固體溶解熱
 5. 氧化鎂莫耳生成熱 (赫斯定律)
 - (1) 鎂片與鹽酸莫耳反應熱
 - (2) 氧化鎂與鹽酸莫耳反應熱



保麗龍杯卡計

技能

- 電子式溫度計、定量液體分注器、電子天平與秤量、量筒



反應熱

■ ΔH ：反應焓，enthalpy of reaction

■ $\Delta H = q_p$ ，定壓下反應熱

– 放熱反應， $\Delta H < 0$ (–)

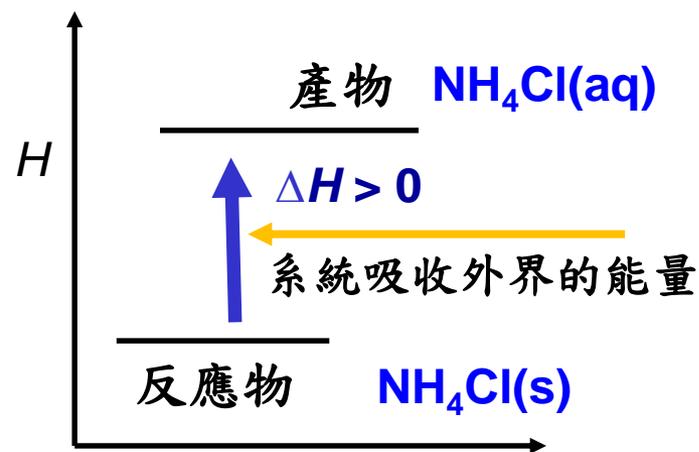
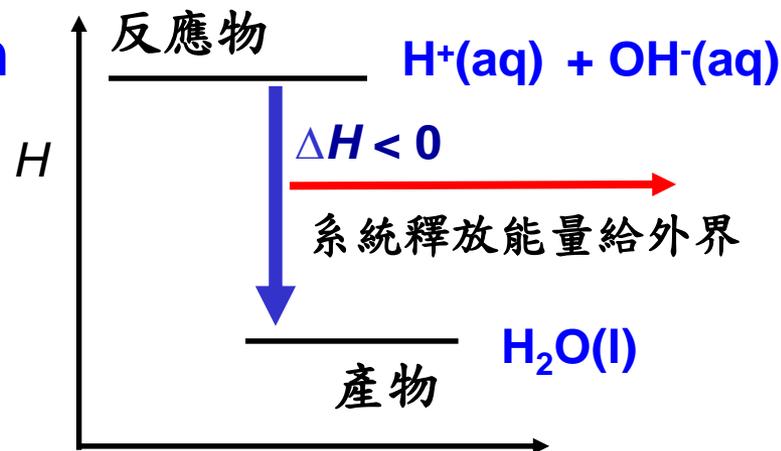
– 吸熱反應， $\Delta H > 0$ (+)

– 單位：kJ/mol

– 數值：注意有效數字

例：- 56 kJ/mol

+15 kJ/mol



✓ 實驗結果以SI單位(kJ/mol)表示



反應熱之測定

- 視卡計為絕熱系統：反應前後沒有熱量進出

$$q_{\text{系統}} = q_{\text{反應}} + q_{\text{卡計}} + q_{\text{水溶液}} = 0$$

- $q_{\text{反應}}$

$$= - [q_{\text{卡計}} + q_{\text{水溶液}}]$$

$$= - [(C \cdot \Delta T) + (m_{\text{水溶液}} \cdot s_{\text{水溶液}} \cdot \Delta T)]$$

- $\Delta H = q_{\text{反應}} \div n$ (莫耳反應熱，molar enthalpy change of reaction)



✓ $q_{\text{反應}}$ ：定壓下反應熱，heat change at constant pressure

✓ C ：卡計熱容量

✓ $\Delta T = T_f - T_i$

✓ $m_{\text{水溶液}}$ ：水溶液之質量，設水溶液密度為 1.0 g/cm^3 ，以體積換算為質量

✓ $s_{\text{水溶液}}$ ：水溶液之比熱，設為與水相同， $4.184 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ 或 $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$

✓ n ：限量試劑莫耳數



卡計熱容量測定

- 定量溫水加入卡計內的定量冷水中

$$0 = q_{\text{溫}} + [q_{\text{冷}} + q_{\text{卡計}}]$$

$$0 = (m_{\text{溫}} \cdot s \cdot \Delta T_{\text{溫}}) + [(m_{\text{冷}} \cdot s \cdot \Delta T_{\text{冷}}) + (\underline{C}_{\text{卡計}} \cdot \Delta T_{\text{冷}})]$$

$$(m_{\text{溫}} \cdot s \cdot \Delta T_{\text{溫}}) = - [(m_{\text{冷}} \cdot s \cdot \Delta T_{\text{冷}} + \underline{C}_{\text{卡計}} \cdot \Delta T_{\text{冷}})]$$

其中 $\Delta T = T_f - T_i$

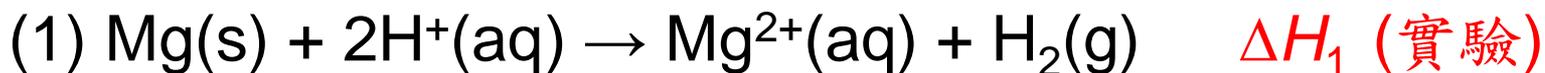
$C_{\text{卡計}}$ ：卡計熱容量 ($\text{J}/^{\circ}\text{C}$, $\text{cal}/^{\circ}\text{C}$)

s ：水之比熱， $4.184 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, $1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$



赫斯定律

- 赫斯定律 Hess' law：反應熱具加成性
- 應用赫斯定律求得氧化鎂之莫耳生成熱， $\Delta H_f^\circ(\text{MgO})$



$$\Delta H_f^\circ(\text{MgO}) = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O})$$



步驟1：卡計熱容量測定



- 以量筒量取50 mL冷水加入卡計中
- 靜置3分鐘達溫度平衡
- 測記溫度

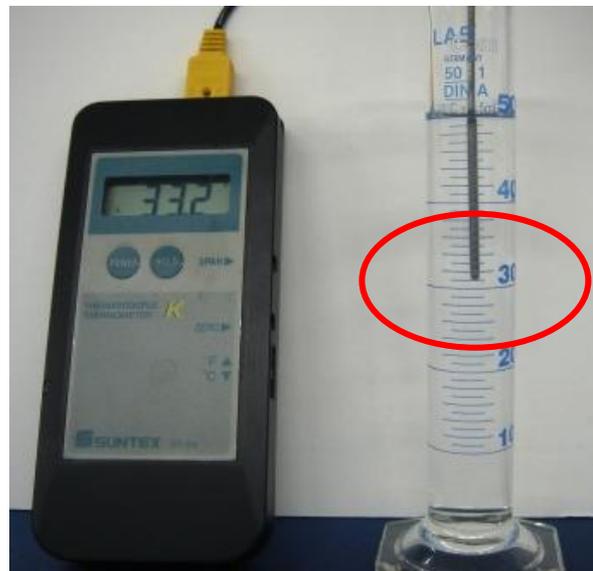
- ✓ 量筒放置實驗桌內側，以免打破
- ✓ 以洗淨之玻璃滴管微調量筒中液體體積



步驟1：卡計熱容量測定



調整水溫



測記溫水溫度與體積

- 於燒杯中均勻混合熱水與冷水，調成溫水
- 以量筒量取 50 mL 溫水
- 當溫水與量筒溫度平衡後，測記量筒中溫水溫度

✓ 溫水溫度比冷水高約 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$

✓ 測溫棒前端感測處應位於溶液中央位置，確認上中下溫度一致



步驟1：卡計熱容量測定



時間(s)	溫度(°C)
0	27.5
5	33.3
10	33.3
15	33.2

- 溫水全部倒入卡計中，立即蓋好杯蓋，插回溫度計
- 水平手搖卡計以混合均勻，讀記溫度變化與平衡溫度

- ✓ 溫水與冷水混合後溫度平衡速度快，以最高溫為平衡溫度
- ✓ 卡計熱容量 C ，約為 $0\sim 10\text{ cal}/^{\circ}\text{C}$ ， $0\sim 42\text{ J}/^{\circ}\text{C}$
- ✓ 先完成卡計熱容量計算，交由助教確認！



步驟2：鹽酸-氫氧化鈉中和反應



NaOH(aq)

HCl(aq)



- 以分注器取**50.0 mL 1.0 M HCl**於卡計內，讀記平衡溫度
- 以量筒量取50 mL 1.0 M NaOH，讀記體積與平衡溫度
- NaOH(aq)倒入卡計中，迅速蓋好杯蓋，插回溫度計
- 水平手搖卡計以混合均勻，讀記溫度變化與平衡溫度

- ✓ 以定量液體分注器直接取量**1.0 M HCl**置於卡計中
- ✓ 量筒應清洗乾淨，以少量NaOH溶液潤洗
- ✓ 酸鹼中和反應速度快，很快就達到平衡溫度
- ✓ 放熱反應以最高溫為平衡溫度

時間 (s)	溫度 (°C)
0	27.9
5	32.3
10	33.6
15	33.7
20	33.7
25	33.6

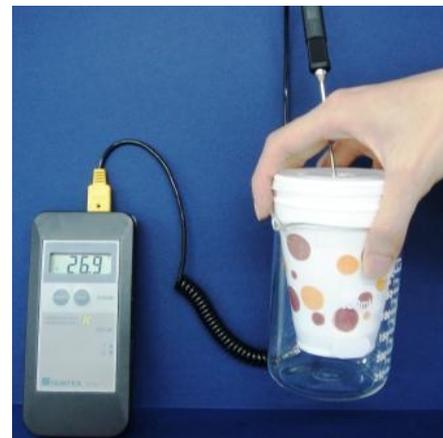


步驟3：醋酸-氫氧化鈉中和反應



NaOH(aq)

HOAc(aq)



- 以分注器量取 50.0 mL 1.0 M 醋酸置於卡計內，讀記平衡溫度
- 以量筒量取 50 mL 1.0 M NaOH，讀記平衡溫度
- NaOH(aq) 倒入卡計中，迅速蓋好杯蓋，插回溫度計
- 水平手搖卡計以混合均勻，讀記溫度變化與平衡溫度

- ✓ 1.0 M 醋酸以定量液體分注器直接取量置於卡計中
- ✓ 酸鹼中和反應速度快，很快就達到平衡溫度
- ✓ 放熱反應以最高溫為平衡溫度

時間 (s)	溫度 (°C)
0	27.9
5	32.0
10	33.0
15	33.0
20	32.9
25	32.9



步驟4：氯化銨溶解熱

H₂O(l)



NH₄Cl(s)



- 量取50 mL去離子水置於卡計內，讀記水之體積與溫度
- 稱量並記錄約 3 g NH₄Cl之重量，倒入卡計中
- 迅速蓋好杯蓋，插回溫度計
- 水平手搖卡計使固體完全溶解
- 每15秒讀記一次溫度變化及平衡溫度

時間 (s)	溫度 (°C)
0	27.8
15	24.4
30	24.2
45	24.0
60	23.9
75	24.0
90	23.9
105	23.9
120	23.9

- ✓ 固態反應物，需充分混合均勻使反應完全
- ✓ 吸熱反應以最低溫為平衡溫度



步驟5：氧化鎂莫耳生成熱 $\Delta H_f^\circ(\text{MgO})$



- 取**100.0 mL**之**1.0 M HCl**置於卡計內，讀記平衡溫度
- 稱量並記錄約**0.2 g Mg**重量，倒入卡計
- 迅速蓋好杯蓋，插回溫度計，手搖卡計使固體溶解
- 每**15秒**記錄一次溫度，記錄溫度變化及平衡溫度



- 量取**100.0 mL**之**1.0 M HCl**置於卡計內，讀記平衡溫度
- 稱量並記錄約**0.7 g MgO**重量，倒入卡計
- 迅速蓋好杯蓋，插回溫度計，手搖卡計使固體溶解
- 每**15秒**記錄一次溫度，記錄溫度變化及平衡溫度

- ✓ 固態反應物，需充分搖混均勻使反應完全
- ✓ 秤量藥品需注意藥品標示及重量，勿混淆



50.0 mL
取二次



實驗注意事項

- 各實驗可不按順序進行，以錯開取藥、減少排隊時間
單數組先進行一二三，雙數組先進行一四五，取同一側藥品
- 每次測定均需將保麗龍杯以水沖洗乾淨、擦乾、以回復室溫
- 使用定量液體分注器直接量取鹽酸及醋酸置於卡計中
- 以量筒量取藥品時應先沖洗乾淨，水分滴乾，並用少量試劑潤洗
- 確認溫度計測溫棒之接頭穩固，測溫棒前端須位於溶液中央位置
- 不多取藥品以減少廢污，但記錄精確取量，如 3.05 g
- 多取的藥品置於指定回收皿中，不丟入其他雜物

實驗結束處理

- ✓ 廢液無須回收
- ✓ 計時器交還給助教
- ✓ 電子溫度計關機，與保麗龍杯及蓋點收於實驗桌塑膠盆
- ✓ 清洗與清點個人器材簽名後，請助理助教簽核
- ✓ 擦拭實驗桌面，椅凳收於實驗桌下，值日生完成公務工作





實驗數據處理

完整報告

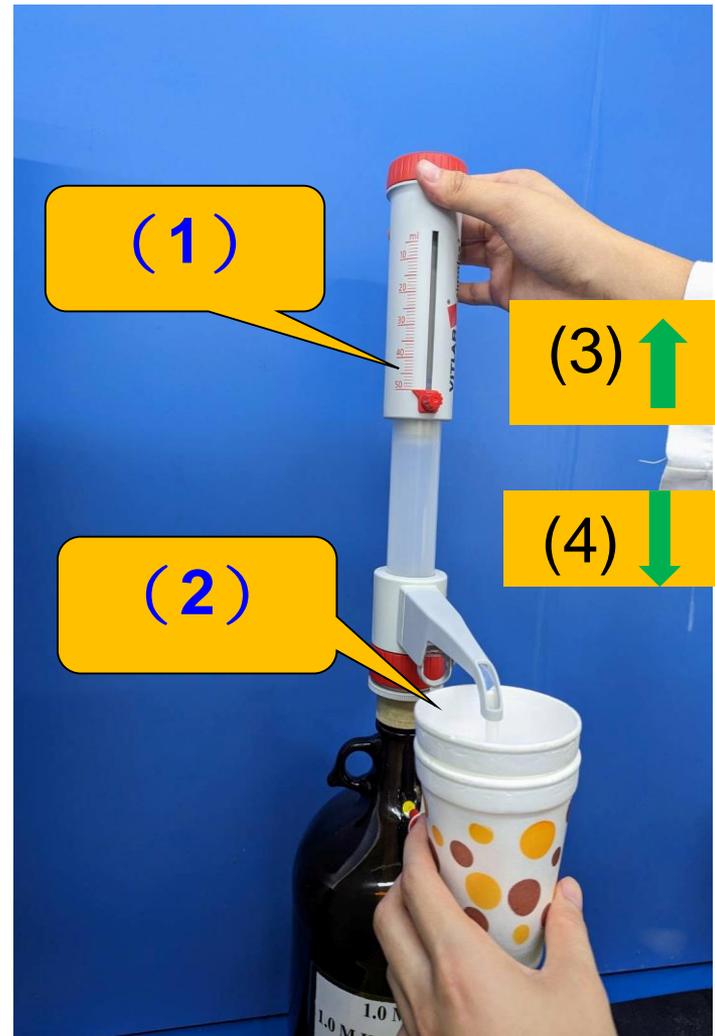
- 完整實驗報告，下次上課時繳交，結果報告應包含
 - ✓ 卡計熱容量 C ($\text{J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$)， $\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$)
 - ✓ $\text{HCl}(\text{aq})\text{-NaOH}(\text{aq})$ 莫耳中和熱 (kJ/mol)
 - ✓ $\text{HOAc}(\text{aq})\text{-NaOH}(\text{aq})$ 莫耳中和熱 (kJ/mol)
 - ✓ NH_4Cl 莫耳溶解熱 (kJ/mol)
 - ✓ $\text{HCl}(\text{aq})\text{-MgO}(\text{aq})$ 莫耳反應熱 (kJ/mol)
 - ✓ $\text{HCl}(\text{aq})\text{-Mg}(\text{aq})$ 莫耳反應熱 (kJ/mol)
 - ✓ MgO 莫耳生成熱 (kJ/mol)
 - ✓ 完整報告需有具體結論與誤差討論！

- ✓ 注意實驗數值紀錄之有效數字及單位
- ✓ 水溶液之密度與比熱均假設與水相同
- ✓ 需詳列計算式
- ✓ 莫耳反應熱需具正負號、SI單位 (kJ/mol) 與正確有效數字



定量液體分注器

- (1) 檢視刻度設定正確，不再調動刻度
- (2) 盛接器皿靠近唧筒出口
- (3) 輕拉抽氣唧筒到頂
- (4) 慢壓唧筒到底，取得溶液





電子天平與稱量

- 天平是精密稱量儀器，需避免震動及移動
- 平時均插上電源，以保持暖機
- 用前確認天平是水平且是乾淨乾燥
- 所稱物品需放冷、質量不可超過稱量上限
- 壓按『ON』開機、『TARE』使天平扣重
- 待稱物品放在稱盤中心位置，以準確量測
- 螢幕數值穩定後，讀記全部數值
- 稱量藥品時，用摺疊過的稱藥紙或燒杯盛裝
- 避免量取的藥品灑落天平上，造成天平腐蝕
- 秤量完畢，蓋上藥品瓶蓋、關閉電源
- 使用更精密之分析天平，歸零及讀取數值時均需關閉防風罩



上皿天平



分析天平