

## 化學反應

吸熱：吸收熱量使生成物與起始溫度相同

放熱：放出熱量使生成物溫度低於起始溫度

放熱反應的熱量沒有完全釋出，則生成物的溫度會高於反應物起始的溫度。

**等溫反應**：有相同的起始和最終溫度的化學反應稱為等溫反應（等溫是指反應有相同的起始最終溫度，但反應過程不一定保持恆溫。）

**絕熱反應**：沒有釋放出熱量的化學反應過程。

**反應熱**：等溫反應吸收或釋放的熱量。

焓為熱力學上一個與熱有關的物理量（或稱為熱含量，enthalpy，簡寫符號為H）。焓可以解釋為物質在一定的壓力下對外界釋放出熱量的能力。一定量的某種物質在一定的狀態下也會有一定量的焓，焓的數量不能直接由實驗測定，只有在物質產生變化時其焓的變化值才可由實驗測定。一個等壓下進行的化學反應其焓的變化值等於反應系統吸收或釋放的能量。 $\Delta H (\Delta H_{rxn}) > 0$  吸熱， $\Delta H (\Delta H_{rxn}) < 0$  放熱。化學平衡方程式與反應焓並列，合稱為熱化學方程式（thermochemical equation），ex:  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ ,  $\Delta H_{rxn, 298.15} = -571.66 \text{ kJ}$ 。

測定反應熱可以使用卡計（calorimeter）。卡計外圍為絕熱容器，容器內有大量的水，稱為水浴（water bath）。反應物裝在浸置於水浴內的較小的導熱容器內，有時反應也可直接在水浴內進行（ex: 酸鹼中和）。對於放熱反應，由於卡計為絕熱系統，所以反應後內部溫度上升。因為卡計內部導熱，反應開始時內部相同的起始溫度（ $T_i$ ），反應後內部相同的最終溫度（ $T_f$ ）。將卡計分為反應系統（反應物&生成物）、水浴、卡計本體， $q_r \cdot q_w \cdot q_c$  為化學反應中吸收的熱量，因整個卡計為一絕熱系統，所以 $q_r + q_w + q_c = 0$ 。 $C_w \cdot C_c$  為水浴和卡計的熱容， $\Delta T = T_i - T_f$ ，

$q_w = C_w \Delta T$ ,  $q_c = C_c \Delta T$ 。  $q_r = -(q_w + q_c) = -(C_w + C_c) \Delta T < 0$ 。  $q_r = H_{rxn}$  (非等溫)  $= \Delta H_{rxn, T_i} + C_r \Delta T$ 。反應在  $T_i$  釋放  $-\Delta H_{rxn, T_i}$  的熱量， $C_r \Delta T$  被反應系統吸收其熱釋放到水浴、卡計本體， $-(q_r) = (-\Delta H_{rxn, T_i}) - (C_r \Delta T)$ ，(4) 代入 (3) 得 (5)

$\Delta H_{rxn, T_i} = -(C_r + C_w + C_c) \Delta T$ ，水浴的質量通常遠大於反應系統質量，

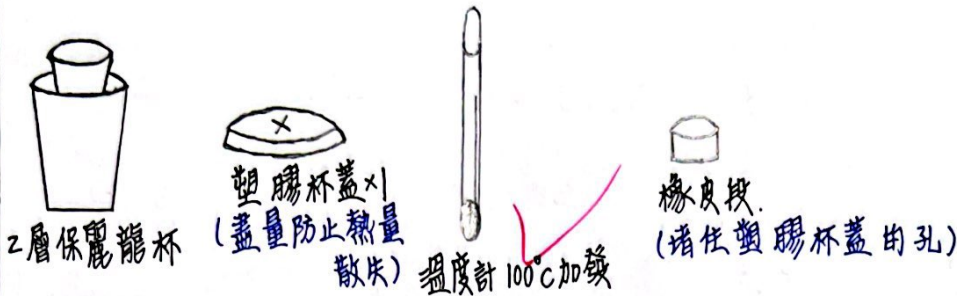
$C_w \gg C_r$ , (6)  $\Delta H_{rxn, T_i} \approx -(C_w + C_c) \Delta T$ 。

# 實驗步驟

## 實驗觀察

★此實驗假設熱量無散失，但現實生活中不存在！

### A. 卡計的準備 \* 容器保持密閉，盡量不要讓熱量散失



### B. 溫度計的校正 \* 溫度計放進杯中與懸空測量較準確

將兩支溫度計同時放入燒杯內的自來水中，三分鐘後讀取分別的讀數，以1號溫度計(套上橡皮段的)為標準，所有2號溫度計的結果做調整。

1號溫度計讀數: $26^{\circ}\text{C}$	2號溫度計讀數: $25^{\circ}\text{C}$
-------------------------------	-------------------------------

校正結果: 2號溫度計讀數  $+1^{\circ}\text{C}$ .

### C. 卡計本體熱容的測定 \* 量體積一定要用量筒取得最精準的刻度

以量筒取 50 mL 蒸餾水倒入燒杯，其中一個以冰浴的方式冷卻至  $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $8 \sim 12^{\circ}\text{C}$ ) 另一個加熱至大約  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $38 \sim 42^{\circ}\text{C}$ )。

將冷水倒入卡計並記錄溫度 ( $T_1$ )，用 2 號溫度計測溫水溫度並校正 ( $T_2$ )，將溫水倒入卡計內，蓋上杯蓋，用溫度計輕拌並記錄攪拌後所達的最高溫 ( $T_3$ )。計算溫水失去的熱量與冷水得到的熱量，兩者的差異即是卡計本體所吸收的熱量。

此測定不考慮卡計本體會散熱(卡計本體只吸熱不放熱)。

檢驗: 溫水失去熱量 > 冷水得到熱量 !!!

$T_2 - T_3 < T_3 - T_1 \Rightarrow$  重做實驗。

### D. 酸鹼中和

5M NaOH (強鹼)  $\rightarrow$  取 10 mL  $\rightarrow$  加蒸餾水稀釋至總體積 50 mL

5M HCl (強酸)  $\rightarrow$  "  $\rightarrow$  "

5M CH<sub>3</sub>COOH (弱酸)  $\rightarrow$  "  $\rightarrow$  "

5M NH<sub>4</sub>OH (弱鹼)  $\rightarrow$  "  $\rightarrow$  "

\* 以上各溶液經稀釋後濃度為 1M.

用量筒量取各 25 mL 的兩種溶液置於卡計與燒杯，記錄兩者分別的溫度、平均溫度、混合後溶液最高溫度、溫差。

## 反應熱測定

## 實驗報告

組別: 10 組員簽名: 張庭瑜、林樹偉

結果 (網底之空格為實驗觀察或記錄之數據, 其餘則填入計算數據)

## B. 溫度計的校正

1 號溫度計的讀數:	26 °C	2 號溫度計的讀數:	25 °C
------------	-------	------------	-------

## C. 卡計熱容的測定 (溫度皆使用校正後之數據)

熱量差計算方程式:  $\Delta H = m \times s \times \Delta T$ (其中  $m$  是水的質量,  $s$  是水的比熱:  $1\text{cal}/^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T$  是溫度差,  $1\text{cal} = 4.18\text{J}$ )

溫水溫度 ( $T_2$ ):	40 °C	溫水下降溫度: ( $T_2 - T_3$ )	16 °C	溫水失去熱量:	3344 J
冷水溫度 ( $T_1$ ):	10 °C	冷水上升溫度: ( $T_3 - T_1$ )	14 °C	冷水得到熱量:	2926 J
混合後最 高溫 ( $T_3$ ):	24 °C	當 $T_2 - T_3 < T_3 - T_1$ 重做實驗。		卡計吸收熱量:	418 J
				卡計上升溫度:	14 °C
				卡計熱容( $C_c$ ):	29.86 J/°C

計算如下:

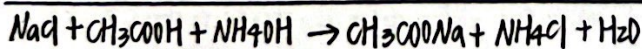
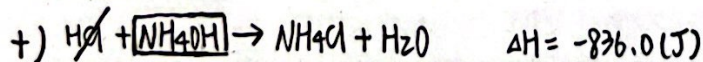
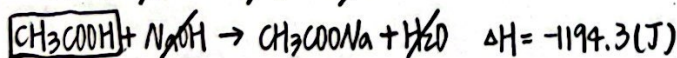
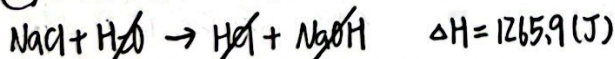
$$\begin{aligned} \text{溫水失去熱量} &= \Delta H = 50 \times 1 \times 16 \times 4.18 \\ &= 3344 \text{ (J)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{冷水得到熱量} &= \Delta H = 50 \times 1 \times 14 \times 4.18 \\ &= 2926 \text{ (J)} \end{aligned}$$

## D,E,F,G 酸鹼中和反應熱的測定

	D. HCl + NaOH 強酸 + 強鹼	E. CH <sub>3</sub> COOH + NaOH 弱酸 + 強鹼	F. HCl + NH <sub>4</sub> OH 強酸 + 弱鹼	G. CH <sub>3</sub> COOH + NH <sub>4</sub> OH 弱酸 + 弱鹼
鹼液溫度(°C)	26°C	26°C	25°C	25°C
酸液溫度(°C)	26°C	26°C	26°C	25°C
平均溫度(°C)	26°C	26°C	25.5°C	25°C
混合後最高溫(°C)	31.3°C	31°C	29°C	28°C
溫差(°C)	5.3°C	5°C	3.5°C	3°C
水浴熱容(C <sub>w</sub> ) (J/°C) (=m×s=50mL×1.00g/mL×4.18J/g.°C)	209	209	209	209
反應焓(J) = ΔH (=-(C <sub>w</sub> +C <sub>c</sub> ) × 溫差)	-1265.9	-1194.3	-836.0	-716.6
莫耳數 (mole) (=1.0M×25×10 <sup>-3</sup> L)	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
莫耳反應焓(KJ/mol)	-50.64	-47.77	-33.44	-28.66
離子熱化學方程式	HCl + NaOH $\xrightarrow{\Delta}$ NaCl + H <sub>2</sub> O ΔH = -1265.9 (J)	CH <sub>3</sub> COOH + NaOH $\xrightarrow{\Delta}$ CH <sub>3</sub> COONa + H <sub>2</sub> O ΔH = -1194.3 (J)	HCl + NH <sub>4</sub> OH $\xrightarrow{\Delta}$ NH <sub>4</sub> Cl + H <sub>2</sub> O ΔH = -836.0 (J)	CH <sub>3</sub> COOH + NH <sub>4</sub> OH $\xrightarrow{\Delta}$ CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O ΔH = -716.6 (J)

計算：由步驟 D,E,F 的結果，依黑斯定律計算等量的 1.00M 醋酸溶液與 1.00M 氨水溶液完成中和的莫耳反應焓。



$$\Delta H = 1265.9 - 1194.3 - 836 = -764.4 \text{ (J) \#}$$

比較：由實驗數據及黑斯定律之計算值，比較弱酸與弱鹼中和反應熱的大小並計算其誤差。

$$\text{實驗數據} = \Delta H_G = -716.6 \text{ (J)}$$

$$\text{黑斯定律} = \Delta H = -764.4 \text{ (J)}$$

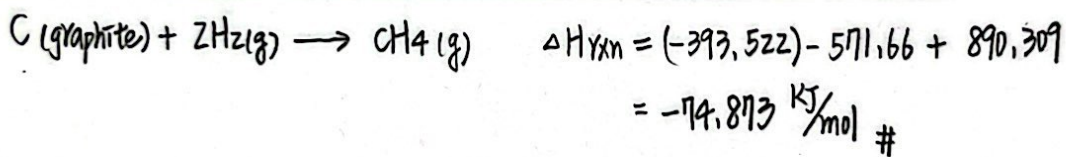
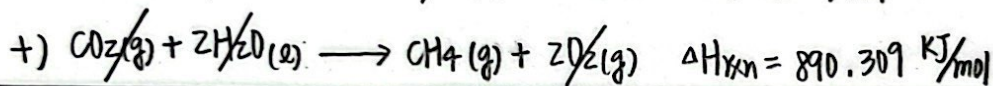
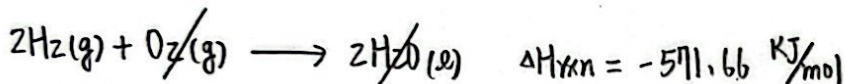
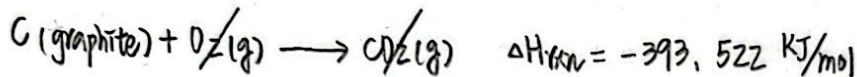
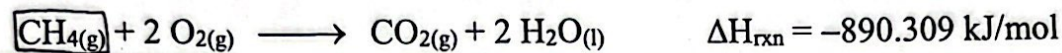
$$\text{誤差} = -764.4 - (-716.6)$$

$$= -47.8 \text{ (J)} \Rightarrow \text{實驗數據較黑斯定律多 } 47.8 \text{ (J) \#}$$

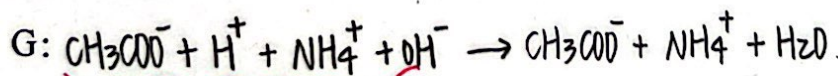
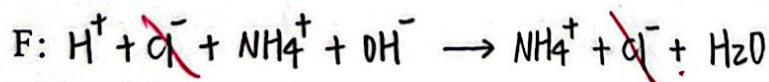
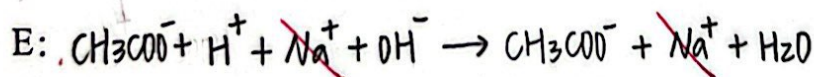
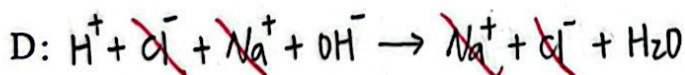
問題

反應熱加和性定律。 (1) 若一反應為二個反應式的代數和時，其反應熱為此二反應熱的代數和。

1. (1) 解釋何謂黑斯定律(Hess' Law)。(2) 利用黑斯定律及下列的熱化學方程式計算在 25°C 和標準壓力下由石墨與氫氣生成一莫耳甲烷的反應焓(此反應焓又稱為甲烷的莫耳生成焓或莫耳生成熱。但此反應在上述的條件下並不能進行，因此其反應焓也不能直接由實驗測定。):




2. 分別寫出實驗步驟 D, E, F, G 酸鹼中和反應的離子方程式(ionic equation, or net ionic equation)。(強酸，強鹼，與所生成的鹽類均為強電解質；弱酸與弱鹼為弱電解質)。



不淨離子!

## 討論紀錄

這次的實驗也是需要很細心的，要盡量讓卡計維持在密封狀態才能使熱量的散失最小化。而且光是卡計本體熱容的測定就做了至少兩次，我也不知道哪個步驟的疏忽導致冷水吸收的熱量剩出來總是大於熱水釋放的，在測定的過程也學習到溫度計稍微懸空會測得較精準（因為被糾正過所以印象深刻），我一開始以為只要插入在卡計的溫度計懸空即可。卡計的熱容測定完成後，酸鹼中和的部步就相對沒有太多的問題。從這兩次的實驗我越來越能體會化學實驗所謂的差一點就差很多了，嚴謹太重要了！

90