Chapter

15

反應熱的測定

學習目標

1. 了解反應熱的定義。
2. 認識溶解熱與中和熱的定義。
3. 認識卡計與反應熱的測量方法。
4. 認識黑斯定律並活用求各化學反應的反應熱。

授課節數 4

本章綱要

15-1 理論基礎
1. 溶解熱的測定
2. 酸鹼中和熱的測定
15-2 實習活動 - 溶解熱與酸鹼中和熱的測定



物質燃燒過程會放出熱量，許多反應也會吸收或放出熱量，如稀釋濃硫酸會將硫酸慢慢加入水中而非將水加入硫酸中，也是因為混合時會放出大量熱量，若將水加入硫酸中，會因為硫酸比熱小而使溫度迅速上升導致水沸騰而噴濺出硫酸，相當危險。本章將介紹溶解熱與酸鹼中和熱的測定以了解這箇中奧妙。

15-1 理論基礎

溶解熱的測定

一、反應熱

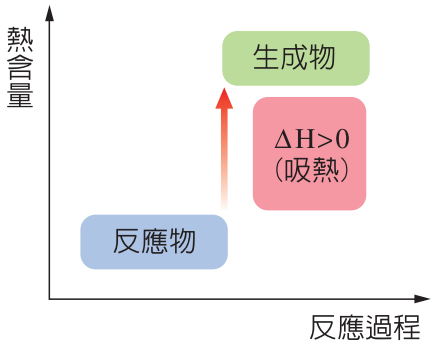
大多數的化學反應常伴隨著能量的吸收與釋出，化學反應前、後的物質熱含量變化值即稱爲**反應熱** (heat of reaction)，可以公式 15-1 表示。常見反應熱的種類，如溶解熱、中和熱、生成熱、分解熱等。

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

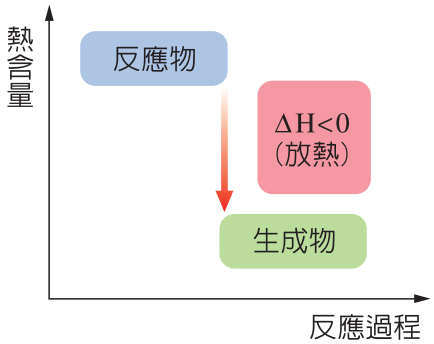
ΔH ：反應熱
H_1 ：生成物總熱含量
H_2 ：反應物總熱含量

公式 15-1

1. 吸熱反應與放熱反應
   (1) **吸熱反應** (endothermic reaction)：若生成物熱含量高於反應物，則該反應必吸收熱量，稱爲吸熱反應，反應熱爲正值 ($\Delta H > 0$)(如圖 15-1 所示)。
   (2) **放熱反應** (exothermic reaction)：若生成物熱含量低於反應物，則該反應必放出熱量，稱爲放熱反應，反應熱爲負值 ($\Delta H < 0$)(如圖 15-2 所示)。



▲圖 15-1　吸熱反應



▲圖 15-2　放熱反應

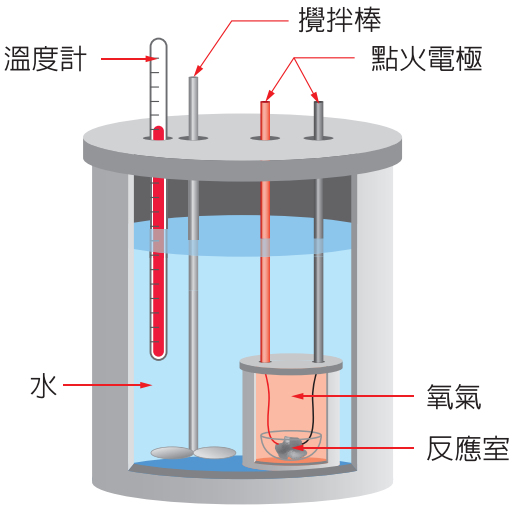
2. 常見熱量單位
   (1) 卡 (cal)：使 1 克水升溫 1°C 所需熱量爲 1 cal。
   (2) 焦耳 (J)：以 1 牛頓 (N) 的力使物體產生 1 公尺位移所需能量爲 1 J。
   (3) 英熱單位 (BTU)：使 1 磅水升溫 1°F 所需熱量爲 1 BTU。
   (4) 熱量單位換算

$$1\ \text{cal} = 1\times10^{-3}\ \text{kcal} = 4.184\ \text{J} = \frac{1}{252}\ \text{BTU}$$

二、反應熱的測量

測量反應熱的裝置稱爲**卡計** (calorimeter)，其原理爲利用能量不滅定律，反應所吸收 (或放出) 之熱量會等於卡計所放出 (或吸收) 之熱量。以**彈卡計** (bomb calorimeter) 爲例 (如圖 15-3 所示)，在絕熱容器內加入適量的水，容器內有一耐高壓合金製成之反應室，內有一點火電極，反應室內放入試樣後可通電點火燃燒，過程中燃燒所放出熱量會由反應室周圍的水與彈卡計吸收，由升高之溫度即可計算出其反應熱。

本實驗將以保麗龍杯作爲簡單的卡計，以測量反應所吸收或放出之熱量，此熱量的變化可使水及保麗龍杯溫度改變，而散失至外界的熱量甚微，可忽略不計，故反應熱與水、卡計之熱量變化關係如公式 15-2。



▲圖 15-3 彈卡計

$$-\Delta H = \Delta H_2 + \Delta H_1$$

ΔH ：反應熱
ΔH_1 ：水之熱含量變化
ΔH_2 ：保麗龍杯之熱含量變化

公式 15-2

反應熱與水、卡計之熱量變化關係亦可以公式 15-3 表示。

$$-\Delta H = m_w \cdot s_w \cdot \Delta T + m_p \cdot s_p \cdot \Delta T$$

ΔH ：反應熱 [cal]
m_w ：水的質量 [g]
m_p ：保麗龍杯的質量 [g]
s_w ：水的比熱 [$1\frac{cal}{g \cdot °C}$]
s_p ：保麗龍杯的比熱 [$\frac{cal}{g \cdot °C}$]
ΔT ：反應前後的溫度差 [°C]

公式 15-3

三、黑斯定律

1840 年，**黑斯** (G. H. Hess，1802 ～ 1850)(如圖 15-4 所示) 發現一個化學反應不論中間經過什麼路徑，只要反應物的最初狀態與生成物的最終狀態固定，其反應熱必定相同，此稱爲**黑斯定律** (Hess' law)。換句話說，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，該反應熱即爲此兩個或多個反應熱的代數和。


▲圖 15-4 黑斯

1. 碳燃燒生成一氧化碳的反應熱雖不易測得，但可利用黑斯定律計算，方法如下。

(1) 碳的完全燃燒反應熱與一氧化碳的完全燃燒反應熱可直接測定，其反應式如下。

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad ， \quad \Delta H = -94.0 \text{ kcal}$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad ， \quad \Delta H = -67.6 \text{ kcal}$$

(2) 上述兩個反應式相減可得碳燃燒生成一氧化碳的反應式。因此，利用黑斯定律計算碳燃燒生成一氧化碳反應熱亦爲前述之兩反應熱相減，即「–94.0 kcal– (–67.6 kcal) = –26.4 kcal」，反應式如下。

$$C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad ， \quad \Delta H = -26.4 \text{ kcal}$$

2. 反應熱的計算除黑斯定律外尚有幾個須注意部分，如下述。

(1) 反應熱與反應物莫耳數成正比，即熱化學反應式係數同乘以 n 時，ΔH 亦爲原來的 n 倍，可參考下式。

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} \quad ， \quad \Delta H = -57.8 \text{ kcal}$$

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(\ell)} \quad ， \quad \Delta H = -57.8 \text{ kcal} \times 2 = -115.2 \text{ kcal}$$

(2) 反應式若反向進行，反應熱會與原反應熱等值異號。

$$NO_{(g)} \rightarrow \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad ， \quad \Delta H = -21.6 \text{ kcal}$$

$$\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow NO_{(g)} \quad ， \quad \Delta H = 21.6 \text{ kcal}$$

四、溶解熱測定

溶質溶於足量溶劑中形成溶液所引起的熱量變化稱爲**溶解熱** (heat of solution)。我們可將溶解分爲兩個過程，第一階段爲吸熱以破壞晶體的晶格，使粒子由結晶格子中分離以形成氣體離子，此過程的反應熱即稱爲**晶格能** (lattice energy)，以離子物質爲例，其反應式如下。

$AB_{(s)} \rightarrow A^+_{(g)} + B^-_{(g)}$ ，ΔH_1 (晶格能)

第二階段爲分離的溶質粒子與水分子結合而放出熱量，此過程中的反應熱即稱爲水合能 (hydration energy)，其反應式如下。

$A^+_{(g)} + B^-_{(g)} \xrightarrow{H_2O} A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$ ，ΔH_2 (水合能)

將前述兩個反應結合，溶解的反應式如下。

$AB_{(s)} \xrightarrow{H_2O} A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$ ，ΔH_3 (溶解熱)

由黑斯定律可知，溶解熱 (ΔH_3) 爲晶格能 (ΔH_1) 與水合能 (ΔH_2) 之和，故溶解熱爲正值或負值，是由破壞晶格所吸收的晶格能與水合時所放出的水合能決定，若晶格能較大則溶解熱爲正值；若水合能較大則溶解熱爲負值，常見溶質的溶解熱如表 15-1。

▼表 15-1 常見溶質的溶解熱

溶質	溶解熱	溶質	溶解熱
$CH_3COOH_{(s)}$	−1.5 kJ/mol	$CO(NH_2)_{2(s)}$	15 kJ/mol
$MgSO_{4(s)}$	−91.2 kJ/mol	$KBr_{(s)}$	20 kJ/mol
$KOH_{(s)}$	−56 kJ/mol	$KCl_{(s)}$	17 kJ/mol
$LiBr_{(s)}$	−49 kJ/mol	$KClO_{3(s)}$	42 kJ/mol
$LiCl_{(s)}$	−37 kJ/mol	$KMnO_{4(s)}$	44 kJ/mol
$NaOH_{(s)}$	−44.3 kJ/mol	$KNO_{3(s)}$	35 kJ/mol
$CO_{2(g)}$	−19.4 kJ/mol	$NaCl_{(s)}$	3.9 kJ/mol
$HCl_{(g)}$	−74.8 kJ/mol	$NaHCO_{3(s)}$	16.7 kJ/mol
$NH_{3(g)}$	−30.5 kJ/mol	$NaNO_{3(s)}$	20.4 kJ/mol
$O_{2(g)}$	−11.7 kJ/mol	$NH_4Cl_{(s)}$	14.6 kJ/mol
$SO_{2(g)}$	−39.5 kJ/mol	$NH_4NO_{3(s)}$	25.7 kJ/mol
$H_2SO_{4(\ell)}$	−96.2 kJ/mol	$K_2SO_{4(s)}$	23.8 kJ/mol
$HClO_{4(\ell)}$	−88.8 kJ/mol	$C_{12}H_{22}O_{11(s)}$	5.4 kJ/mol
$HNO_{3(\ell)}$	−33.3 kJ/mol	$C_6H_{12}O_{6(s)}$	11 kJ/mol

酸鹼中和熱的測定

酸鹼反應所放出之熱量，稱爲**中和熱** (heat of neutralization)。如強酸與強鹼反應生成 1 莫耳水的中和熱爲 −13.7 kcal，其離子反應式如下。

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} \ ，\ \Delta H = -13.7 \text{ kcal}$$

由於酸、鹼的固體或濃溶液在溶解或稀釋過程中也會放出熱量，使測得的中和熱偏大，故本實驗將以強酸與強鹼的稀溶液反應測定其中和熱；另也以固體鹼與強酸溶液反應，觀察其反應熱，可發現固體鹼與酸溶液的反應熱，明顯大於稀溶液的中和熱，主要原因即多了鹼固體的溶解熱。

以氫氧化鈉爲例，若氫氧化鈉溶於水的反應熱爲 ΔH_1、氫氧化鈉的稀溶液與鹽酸稀溶液的反應熱爲 ΔH_2、固體氫氧化鈉與鹽酸稀溶液的反應熱爲 ΔH_3。

$$NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \ ，\ \Delta H_1$$

$$Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \ ，\ \Delta H_2$$

$$NaOH_{(s)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \ ，\ \Delta H_3$$

依黑斯定律，由於第三個反應可由前兩個反應式相加，反應熱亦爲前兩個反應的反應熱相加之和 ($\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$)，因此固體鹼與酸溶液的反應熱會較稀溶液的中和熱大。

15-2 實習活動 - 溶解熱與酸鹼中和熱的測定

實驗目的

1. 了解反應熱的定義。
2. 熟悉溶解熱與中和熱的定義。
3. 熟悉卡計與反應熱的測量方法。
4. 認識黑斯定律並活用求各化學反應的反應熱。

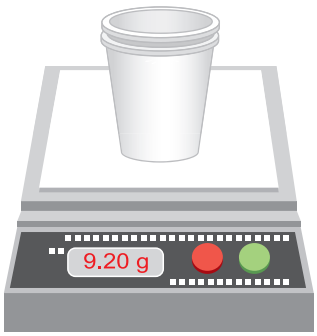
器材藥品

名稱	規格	數量
保麗龍杯	300 mL	2 個
保麗龍杯的杯蓋		1 個
攪拌棒		1 支
溫度計		1 支
量筒	100 mL	2 個
稱量瓶		2 個
刮勺		2 個
燒杯	100 mL	2 個
電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
尿素		3 g
氫氧化鈉		2 g
氫氧化鈉	0.5 M (前一天配製完成)	50 mL
鹽酸	0.25 M (前一天配製完成)	100 mL
鹽酸	0.5 M (前一天配製完成)	50 mL

實驗步驟

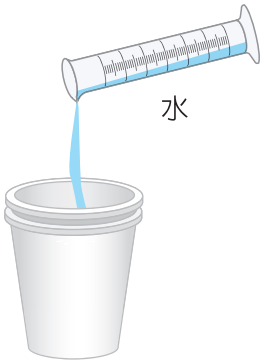
一、卡計之比熱測定

步驟 1



將 2 個保麗龍杯洗淨擦乾後堆疊製成簡易卡計，稱重並記錄。

步驟 2



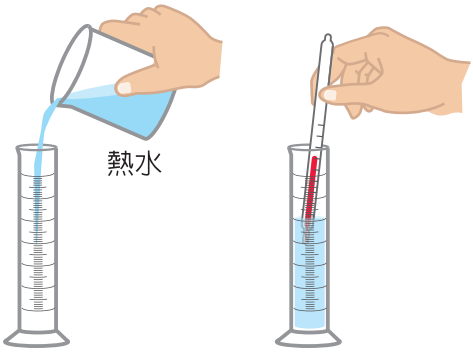
以量筒取 50 mL 蒸餾水加入卡計內，靜置 3 分鐘後，測量水溫並記錄。

步驟 3



取 50 mL 熱水置於 100 mL 燒杯，以冷水調整至水溫高於冷水 10 ～ 15°C。

步驟 4



取燒杯內熱水 50 mL 倒入量筒，靜置 3 分鐘後，測量水溫並記錄。

步驟 5

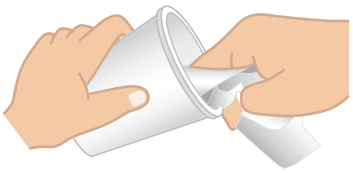


將量筒內熱水倒入卡計中，並迅速蓋好杯蓋、插上溫度計與攪拌棒，持續攪拌至溫度不再上升，記錄溫度。

二、溶解熱的測定

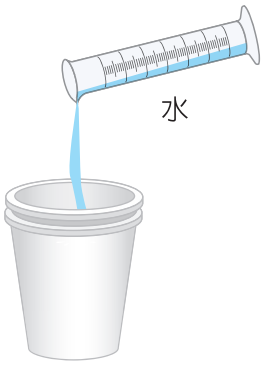
1. 測定尿素溶於水之溶解熱

步驟 1



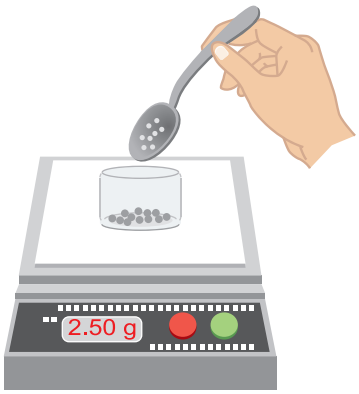
將溫度計、卡計洗淨並以紙巾擦乾。

步驟 2



取 100 mL 蒸餾水倒入卡計中，靜置 3 分鐘後，測量水溫並記錄。

步驟 3



稱取尿素約 2.5 g 並記錄。

步驟 4



將尿素倒入卡計中，並迅速蓋好杯蓋、插上溫度計與攪拌棒。

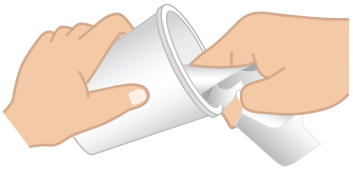
步驟 5



持續攪拌至溫度不再下降，記錄溫度。

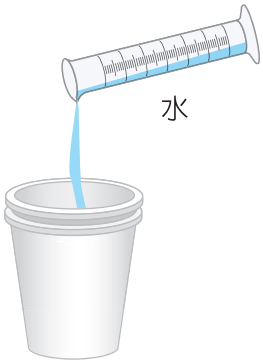
2. 測定 $NaOH_{(s)}$ 溶於水之溶解熱

步驟 1



將溫度計、卡計洗淨並以紙巾擦乾。

步驟 2



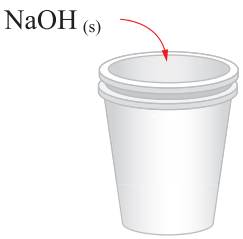
取 100 mL 蒸餾水倒入卡計中，靜置 3 分鐘後，測量溫度並記錄。

步驟 3



稱取 NaOH 約 1 g 並記錄。

步驟 4



將 NaOH 倒入卡計中，並迅速蓋好杯蓋、插上溫度計與攪拌棒。

步驟 5

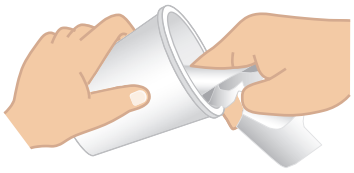


持續攪拌至溫度不再上升，記錄溫度。

三、中和熱的測定

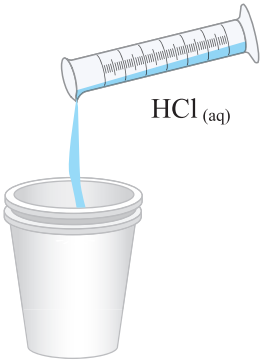
1. 測定 $NaOH_{(s)}$ 與 $HCl_{(aq)}$ 溶液作用之反應熱

步驟 1



將溫度計、卡計洗淨並以紙巾擦乾。

步驟 2



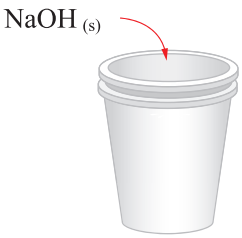
取 100 mL 0.25 M 之 HCl 溶液倒入卡計中，靜置 3 分鐘後，測量溫度並記錄。

步驟 3



稱取 NaOH 約 1 g 並記錄。

步驟 4



將 NaOH 倒入卡計中，並迅速蓋好杯蓋、插上溫度計與攪拌棒。

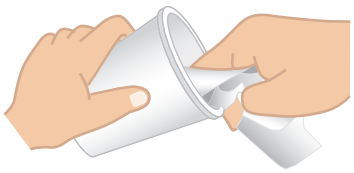
步驟 5



持續攪拌至溫度不再上升，記錄溫度。

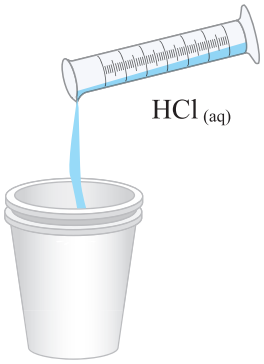
2. 測定 $NaOH_{(aq)}$ 與 $HCl_{(aq)}$ 溶液作用之反應熱

步驟 1



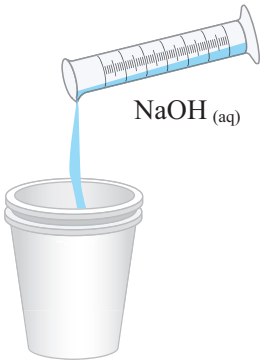
將溫度計、卡計洗淨並以紙巾擦乾。

步驟 2



取 50 mL 0.5 M 之 HCl 溶液倒入卡計中，靜置 3 分鐘後，測量溫度並記錄。

步驟 3



取 50 mL 0.5 M 之 NaOH 倒入卡計中，並迅速蓋好杯蓋、插上溫度計與攪拌棒。

步驟 4

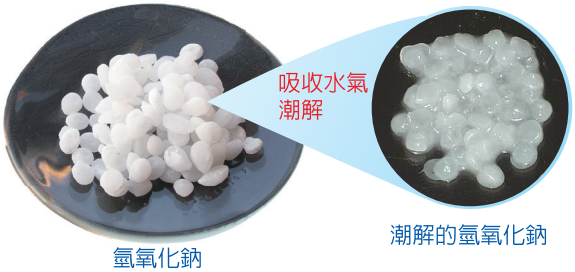


持續攪拌至溫度不再上升，記錄溫度。

充電小站

實驗注意事項

1. 固態氫氧化鈉於空氣中易吸收濕氣而潮解，且易與空氣中二氧化碳作用而變成碳酸鈉粉末，故稱量時動作要快，並應將藥品容器蓋妥，以盡量避免接觸空氣為宜。
2. 氫氧化鈉對皮膚有強烈腐蝕性，使用時須特別小心。
3. 本實驗所使用之溶液須在一天以前配製完成並以密閉容器盛裝，使其與室溫相同且不使其揮發或與空氣中二氧化碳反應。
4. 測量卡計比熱時，冷熱水混合之平衡速度甚快，約 3 ～ 5 秒。



實驗數據記錄與分析

一、卡計之比熱測定

1. 數據記錄

卡計質量，W_1(g)		
50 mL 冷水的質量，W_2(g)		設水密度為 1 g/mL
50 mL 冷水之混合前溫度，T_1(°C)		
50 mL 熱水的質量，W_3(g)		
50 mL 熱水之混合前溫度，T_2(°C)		設水密度為 1 g/mL
冷熱水混合後溫度，T_3(°C)		

2. 卡計之比熱，s_1：_____ $\frac{cal}{g\cdot°C}$（設水比熱，s_2：1 $\frac{cal}{g\cdot°C}$）

計算過程：

$$s_1 = \frac{W_3 \times s_2 \times (T_2 - T_3) - W_2 \times s_2 \times (T_3 - T_1)}{W_1 \times (T_3 - T_1)}$$

二、溶解熱的測定

1. 測定尿素溶於水之溶解熱

數據記錄

100 mL 水的質量，W_4(g)		設水密度為 1 g/mL
尿素的質量，W_5(g)		
反應前溶液的溫度，T_4(°C)		
反應後溶液的溫度，T_5(°C)		

結果分析（設溶液比熱與水相同）

溫度變化，ΔT_A(°C)		$\Delta T_A = T_5 - T_4$
卡計熱量變化，ΔH_{A1}(cal)		$\Delta H_{A1} = W_1 \times s_1 \times \Delta T_A$
溶液熱量變化，ΔH_{A2}(cal)		$\Delta H_{A2} = (W_4 + W_5) \times s_2 \times \Delta T_A$
總熱量變化，ΔH_A(cal)		$\Delta H_A = \Delta H_{A1} + \Delta H_{A2}$
尿素的莫耳數，n_A(mol)		$n_A = \frac{W_5}{60}$
每莫耳尿素的反應熱，$\Delta H_{A'}$(cal/mol)		$\Delta H_{A'} = \frac{-\Delta H_A}{n_A}$

計算過程：

2. 測定 $NaOH_{(s)}$ 溶於水之溶解熱

數據記錄

100 mL 水的質量，W_6(g)		設水密度為 1 g/mL
NaOH 的質量，W_7(g)		
反應前溶液的溫度，T_6(°C)		
反應後溶液的溫度，T_7(°C)		

結果分析（設溶液比熱與水相同）

溫度變化，ΔT_B(°C)		$\Delta T_B = T_7 - T_6$
卡計熱量變化，ΔH_{B1}(cal)		$\Delta H_{B1} = W_1 \times s_1 \times \Delta T_B$
溶液熱量變化，ΔH_{B2}(cal)		$\Delta H_{B2} = (W_6 + W_7) \times s_2 \times \Delta T_B$
總熱量變化，ΔH_B(cal)		$\Delta H_B = \Delta H_{B1} + \Delta H_{B2}$
NaOH 的莫耳數，n_B(mol)		$n_B = \frac{W_7}{40}$
每莫耳 NaOH 的反應熱，$\Delta H_{B'}$(cal/mol)		$\Delta H_{B'} = \frac{-\Delta H_B}{n_B}$

計算過程：

三、中和熱的測定

1. 測定 $NaOH_{(s)}$ 與 $HCl_{(aq)}$ 溶液作用之反應熱

數據記錄

100 mL 0.25 M HCl 的質量，W_8(g)		設溶液密度為 1 g/mL
NaOH 的質量，W_9(g)		
反應前溶液的溫度，T_8(°C)		
反應後溶液的溫度，T_9(°C)		

結果分析（設溶液比熱與水相同）

溫度變化，ΔT_C(°C)		$\Delta T_C = T_9 - T_8$
容器熱量變化，ΔH_{C1}(cal)		$\Delta H_{C1} = W_1 \times s_1 \times \Delta T_C$
溶液熱量變化，ΔH_{C2}(cal)		$\Delta H_{C2} = (W_8 + W_9) \times s_2 \times \Delta T_C$
總熱量變化，ΔH_C(cal)		$\Delta H_C = \Delta H_{C1} + \Delta H_{C2}$
NaOH 的莫耳數，n_C(mol)		$n_C = \frac{W_9}{40}$
每莫耳 NaOH 的反應熱，$\Delta H_{C'}$(cal/mol)		$\Delta H_{C'} = \frac{-\Delta H_C}{n_C}$

計算過程：

2. 測定 $NaOH_{(aq)}$ 與 $HCl_{(aq)}$ 溶液作用之中和熱

數據記錄

50 mL 0.5 M HCl 的質量，W_{10}(g)		設溶液密度為 1 g/mL
50 mL 0.5 M NaOH 的質量，W_{11}(g)		設溶液密度為 1 g/mL
反應前溶液的溫度，T_{10}(°C)		
反應後溶液的溫度，T_{11}(°C)		

結果分析（設溶液比熱與水相同）

溫度變化，ΔT_D(°C)		$\Delta T_D = T_{11} - T_{10}$
卡計熱量變化，ΔH_{D1}(cal)		$\Delta H_{D1} = W_1 \times s_1 \times \Delta T_D$
溶液熱量變化，ΔH_{D2}(cal)		$\Delta H_{D2} = (W_{10} + W_{11}) \times s_2 \times \Delta T_D$
總熱量變化，ΔH_D(cal)		$\Delta H_D = \Delta H_{D1} + \Delta H_{D2}$
NaOH 的莫耳數，n_D(mol)		n_D = 體積莫耳濃度 × 體積
中和熱，$\Delta H_{D'}$(cal/mol)		$\Delta H_{D'} = \dfrac{-\Delta H_D}{n_D}$

計算過程：

問題與討論

1. 氫氧化鈉溶於水爲何是放熱反應？
2. 請敘述黑斯定律
3. 測量酸鹼中和熱時，爲何不可使用固體酸或鹼？
4. 反應熱的測定實驗中，爲何稱取固體氫氧化鈉時要迅速倒入？
5. 反應熱的測定實驗中，爲何所使用之酸、鹼溶液需在一天以前配製完成並以密閉容器盛裝？

重點整理

1. 化學反應前、後的物質熱含量變化值即稱爲反應熱。
2. 若生成物熱含量高於反應物，則該反應必吸收熱量，稱爲吸熱反應。
3. 若生成物熱含量低於反應物，則該反應必放出熱量，稱爲放熱反應。
4. 熱量單位換算 $1\ \text{cal} = 1 \times 10^{-3}\ \text{kcal} = 4.184\ \text{J} = \dfrac{1}{252}\ \text{BTU}$
5. 測量反應熱的裝置稱爲卡計，其原理爲利用能量不滅定律，反應所吸收（或放出）之熱量會等於卡計所放出（或吸收）之熱量。
6. 一個化學反應不論中間經過什麼路徑，只要反應物的最初狀態與生成物的最終狀態固定，其反應熱必定相同，此稱爲黑斯定律。
7. 溶質溶於足量溶劑中形成溶液所引起的熱量變化稱爲溶解熱。
8. 酸鹼反應時所放出之熱量，稱爲中和熱。

學後評量

( ) 1. 已知：$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 393.3\ kJ$，請問下列敘述何者錯誤？
(A) 反應過程中，周遭溫度會上升
(B) $\Delta H < 0$
(C) 此爲吸熱反應
(D) 產物熱含量較反應物熱含量低

( ) 2. 卡計測量反應熱主要爲利用下列哪一個定律？
(A) 質量不滅定律 (B) 能量不滅定律 (C) 電荷不滅定律 (D) 原子不滅定律

( ) 3. 1 cal = ？ J
(A) 1.987 (B) 4.18 (C) 8.314 (D) 252

( ) 4. 「化學反應不論中間經過什麼路徑，只要反應物的最初狀態與生成物的最終狀態固定，其反應熱必定相同」，此稱爲什麼定律？
(A) 黑斯定律 (B) 庫侖定律 (C) 亨利定律 (D) 查理定律

( ) 5. 下列物質中，何者於水中溶解過程會吸熱？
(A) 氧氣 (B) 氯化氫 (C) 硫酸鎂 (D) 尿素

( ) 6. 下列兩個物質的混合過程中，若皆爲相同的莫耳數，何者所放出熱量最少？
(A) 稀鹽酸與稀氫氧化鈉溶液 (B) 稀鹽酸與固體氫氧化鈉
(C) 濃鹽酸與稀氫氧化鈉溶液 (D) 濃鹽酸與固體氫氧化鈉

( ) 7. 實驗測定中和熱時，若以固體氫氧化鈉與稀鹽酸反應，其反應熱會較預期之中和熱大，是因爲多了下列何種反應熱？
(A) 生成熱 (B) 分解熱 (C) 燃燒熱 (D) 溶解熱

( ) 8. 反應熱與下列何者無關？
(A) 反應時的溫度 (B) 反應物的莫耳數
(C) 反應物及生成物的狀態 (D) 反應速率

( ) 9. 已知：
$C_2H_{2(g)} \rightarrow 2\,C_{(s)} + H_{2(g)}$，$\Delta H = a$
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$，$\Delta H = b$
$H_{2(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(\ell)}$，$\Delta H = c$
求反應 $C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow 2\,CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$ 之 ΔH 爲多少？
(A) a + 2b + c (B) a + 2b − c (C) a − 2b + c (D) a − 2b − c

( ) 10. 某物質 1 mol 於水中溶解過程可以放出 1000 cal 的熱量，現在若將 1 mol 該物質放在重量 100 g 錐形瓶中並溶於 80 g 水，可使水與錐形瓶由 20 °C 上升到多少 °C？
(水的比熱爲 1 $\frac{cal}{g \cdot °C}$、錐形瓶的比熱爲 0.2 $\frac{cal}{g \cdot °C}$)
(A) 25 °C (B) 30 °C (C) 35 °C (D) 40 °C