

測驗說明：

1. 本測驗共 35 題選擇題，其中包括單選題 25 題，多選題 10 題。
2. 單選題每題選出一個最適當的選項，劃記在答案卡之選擇題答案區，每題答對得 2 分，答錯不倒扣。多選題每題各有 5 個選項，選出正確選項(答案不只 1 個)，劃記在答案卡之選擇題答案區，每題答對得 5 分，每答錯一個選項倒扣 1/5 題分，倒扣到該題之實得分數為零為止。
3. 單選題號：1、2、3、4、5、8、9、10、13、14、16、17、18、19、20、21、24、25、26、27、28、29、30、31、32。
4. 多選題號(題號前標示*)：6、7、11、12、15、22、23、33、34、35。

1. 已知 KClO_4 (莫耳質量=138.5)可根據下列反應製備(反應式係數未平衡)：

$$\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{KOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{KClO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

$$\text{KClO}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{KClO}_3(\text{aq})$$

$$\text{KClO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{KClO}_4(\text{aq}) + \text{KCl}(\text{aq})$$
 欲製備 13.85 克 KClO_4 ，至少需標準狀況(STP)下的 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 多少公升？(於 STP 下，1 莫耳氣體體積為 22.4 公升)

(A) 6.72 (B) 8.96 (C) 11.2 (D) 22.4 (E) 44.8 公升。
2. 某容器內含有 1 atm、25 °C 的甲烷、一氧化碳及乙炔混合氣體共 100 mL，加入同溫、同壓的過量氧氣 300 mL，點火使其充分燃燒後再冷卻至原溫度，並調整容器內氣體的壓力使成為 1 atm，此時容器的容積變為 245 mL；再將殘餘的氣體通過濃 KOH 水溶液後，氣體體積減少為 115 mL，試問原混合氣體中的一氧化碳在 1 atm、25 °C 下的體積為若干 mL？

(A) 20 (B) 25 (C) 35 (D) 40 (E) 50 mL。
3. 本氏液與還原醣(化學式以 RCHO 表示)的反應可表示為： $\text{RCHO}(\text{aq}) + 2\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{OH}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{RCOO}^{-}(\text{aq}) + \text{Cu}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 。將某蔗糖溶液加入稀酸完全水解後，再與足量本氏液反應，最終生成 10 克 Cu_2O 沉澱，試問原溶液中含有蔗糖約若干克？(原子量：O=16、Cu=63.5)

(A) 36 (B) 30 (C) 24 (D) 18 (E) 12 克。
4. 取鋅、銅均勻混合粉末置於飽和硝酸鉛水溶液中，使其充分反應後，過濾沉澱物，乾燥後稱得沉澱之重量為原混合粉末重量的 2 倍，試計算原混合粉末中銅之重量百分率為若干？(原子量：Cu=64、Zn=65、Pb=207)

(A) 71.2 % (B) 54.2 % (C) 45.8 % (D) 82.5 % (E) 28.8 %。
5. 三聚氰胺($\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ，莫耳質量=126)俗稱蛋白精，由於其含氮百分率較高，因而被不肖業者利用，添加在食品中造成食品蛋白質含量較高的假像。目前對於食品含氮量的測定，係利用凱氏定氮法，其步驟如下：
 - (1) 以硫酸分解試樣，將氮原子變成硫酸銨：

$$\text{試樣} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$$
 - (2) 於上述硫酸銨溶液中加入過量氫氧化鈉，得到氨氣；

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$$
 - (3) 以硼酸吸收產生的氨氣：

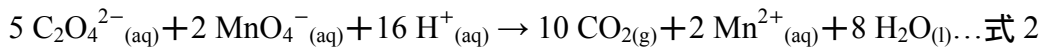
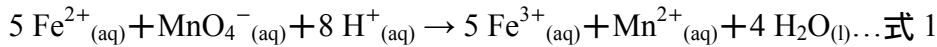
$$\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{B}(\text{OH})_4^-$$
 - (4) 以鹽酸溶液滴定硼酸根：

$$\text{B}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$$
 現有 5 g 試樣，已知內含 1 g 蛋白質(含氮百分率為 28 %)及三聚氰胺，以凱氏定氮法測量此試樣的含氮量，滴定时共用去 0.5 M 鹽酸 100 mL，試問此試樣中含有三聚氰胺若干克？

(A) 0.28 (B) 0.42 (C) 0.63 (D) 0.7 (E) 1.26 克。
- *6. 重水，或稱氘代水、一氧化二氘，化學式為 D_2O ，是水的一種，它的莫耳質量比一般水大。普通的水(H_2O)是由兩個只具有質子的氫原子和一個氧原子所組成，但在重水分子內的兩個氫同位素氘，比一般氫原子有各多一個中子，因此造成重水分子的質量比一般水要重。由於普通水和重水都是由相同數量的氫和氧原子組成，兩者的化學反應相似。但在物理性質上，重水的凝固點和沸點比普通水高，在 1 atm 下，重水的凝固點是攝氏 3.82 度，沸點是攝氏 101.4 度，密度為 $1.1056\text{g}/\text{cm}^3$ 。若將 1 莫耳甲酸溶於 10 毫升重水中，經長時間放置後，試問下列哪些物質可能在此溶液中？

(A) HCOOD (B) DCOOD (C) DCOO^- (D) HDO (E) D^+ 。

*7. 不同的化學反應，其反應速率不同。即使濃度與其他反應條件完全相同，不同反應的速率依然不相等，例如：



在式 1 中，過錳酸鉀的酸性溶液加入過量 Fe^{2+} ，紫色(過錳酸根)立刻消失；而在式 2 中，過錳酸鉀的酸性溶液加入過量草酸根離子，其紫色仍能維持相當久而不褪色。其原因為 Fe^{2+} 變成 Fe^{3+} 時不涉及化學鍵的破壞，而 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 變成 CO_2 時必須破壞碳原子間的鍵結，因此反應速率較小。一般而言，在常溫時，若反應不涉及化學鍵的破壞，則反應速率較大，例如酸鹼中和、離子間的沉澱反應；若反應物的化學鍵必須先破壞，再生成新的化學鍵，則反應速率較小，例如燃燒反應或有機化合物間的反應。

由上述判斷，在室溫下，下列哪些反應的速率為甲>乙？

選項	甲	乙
(A)	$2\text{CO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{CO}_{2(\text{g})}$	$\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})}$
(B)	$\text{Zn}_{(\text{s})} + 2\text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$	$\text{Zn}_{(\text{s})} + 2\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_{2(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$
(C)	$\text{H}_{2(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{HCl}_{(\text{g})}$	$\text{H}_{2(\text{g})} + \text{F}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{HF}_{(\text{g})}$
(D)	$\text{P}_{4(\text{s})} + 5\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10(\text{s})}$	$2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
(E)	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{l})} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{l})} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5_{(\text{l})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{NaOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

【閱讀以下文章後，回答 8~12 題】

常見濃度表示法除了重量百分率、體積莫耳濃度(C_M)外，尚有重量莫耳濃度(C_m)，其定義為：

$$\text{重量莫耳濃度}(C_m) = \frac{\text{溶質莫耳數}(\text{mol})}{\text{溶劑千克重}(\text{kg})}, \text{單位為 mol/kg(簡記為 m)}。$$

例如 1 m 葡萄糖水溶液表示 1 kg 水中含有葡萄糖 1 莫耳。

含非揮發性溶質的溶液其凝固點會低於純溶劑的凝固點，其下降度數和溶質的粒子數有關。由實驗結果(表 1)發現，將非電解質溶質加入溶劑中，稀薄溶液的凝固點下降度數(ΔT_f)與溶質的重量莫耳濃度(C_m)成正比。即：

$$\Delta T_f = K_f \times C_m$$

其中， K_f 為莫耳凝固點下降常數，單位為 $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ，其數值隨溶劑的種類而異。

溶液的凝固點下降度數，僅與溶質的粒子數有關，而與溶質的本性無關。對於含電解質的溶液，由於溶質在溶液中會產生解離，使粒子數目增加，造成凝固點下降更多。例如在兩杯同為 1 kg 的水中，分別溶入等莫耳數的葡萄糖和氯化鈉，氯化鈉水溶液凝固點下降的度數幾乎是葡萄糖水溶液下降度數的 2 倍，如圖 1 所示。換言之，電解質溶液的凝固點下降公式，須乘以一個修正因子 i ，用以修正溶質解離後所產生粒子的總莫耳數，即：

$$\Delta T_f = K_f \times C_m \times i$$

其中， i 稱為凡特何夫因數，表示溶液中解離後粒子總莫耳數與解離前粒子莫耳數的比值，即：

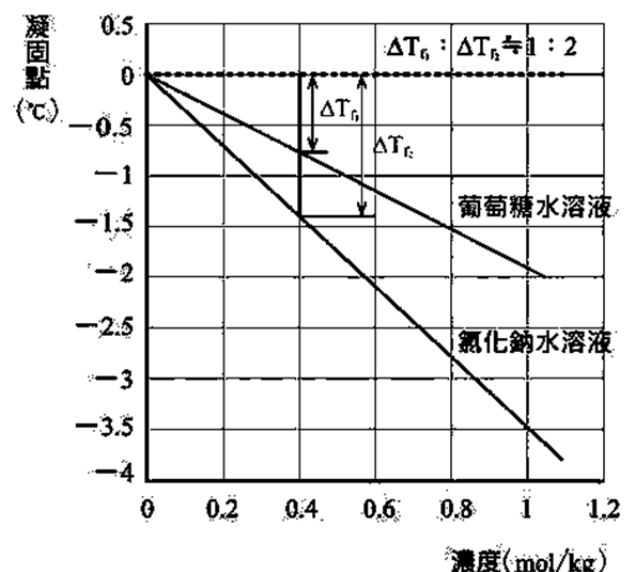
$$i = \frac{\text{解離後實際粒子總莫耳數}}{\text{解離前溶質的莫耳數}}$$

在稀薄溶液中，強電解質 NaCl 的 i 值約為 2， K_2SO_4 約為 3，而弱電解質如 CH_3COOH 則介於 1 和 2 之間。

上述有關 i 值的修正僅適用於稀薄溶液，對於濃度較高的電解質溶液，其 i 值無法直接由化學式中的離子數來判斷。在濃度小於 0.001 mol/kg 時， NaCl 水溶液的 i 值約為 2；當濃度為 0.1 mol/kg 時其 i 值減小為 1.84。其主要原因為濃度愈稀時，單位體積的溶質粒子數愈少，陰、陽離子相距較遠，能以單獨的粒子存在溶液中，當濃度增加時，陰、陽離子相距較近，容易形成離子對，因而減少解離的粒子數， i 值隨之變小。

▼ 表 1_凝固點下降度數(ΔT_f)與溶質的重量莫耳濃度(C_m)成正比

	純水	1 m 葡萄糖溶液	2 m 葡萄糖溶液
凝固點(T_f) $^{\circ}\text{C}$	0	-1.86	-3.72
凝固點下降度數(ΔT_f)		$0 - (-1.86) = 1.86$	$0 - (-3.72) = 3.72$



▲ 圖 1_相同重量莫耳濃度的葡萄糖水溶液和氯化鈉水溶液，凝固點下降度數大約為 1 : 2

8. 某水溶液密度為 d ，重量百分率濃度為 $W\%$ ，體積莫耳濃度為 C_M ，重量莫耳濃度為 C_m ，試問下列有關 C_M 與 C_m 之換算關係式何者正確？

- (A) $C_M = \frac{d}{100-W} \times C_m$ (B) $C_M = \frac{100-W}{d} \times C_m$ (C) $C_M = \frac{100W}{100-W} \times C_m$ (D) $C_M = \left(1 - \frac{W}{100}\right) \times C_m \times d$
 (E) $C_M = \left(1 - \frac{W}{100}\right) \times \frac{C_m}{d}$ 。

9. 將 1 莫耳電解質 AB 完全溶於 2 公斤水中，部份解離為 A^+ 及 B^- ，此時水溶液的凝固點為 -1.75°C ，試問 AB 在水中之解離度約為若干？(水的 $K_f = 1.86^\circ\text{C/m}$ 。解離度 = $\frac{\text{解離的 AB 莫耳數}}{\text{原 AB 莫耳數}} \times 100\%$)

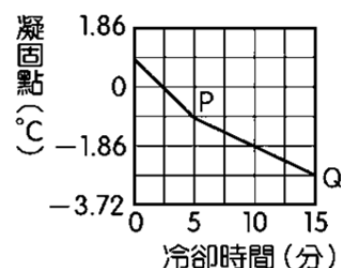
- (A) 96% (B) 88% (C) 68% (D) 48% (E) 36%。

10. 將 2.36 克 $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2$ 溶入 20 克苯中，該溶液於 3.68°C 開始凝固，而純苯之凝固點為 5.48°C 。已知乙酸在苯中有偶合現象，即： $2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COOH})_2$ 。取 0.96 克乙酸溶入 32 克苯中，形成溶液的凝固點為 4.28°C ，試問乙酸在苯中之偶合度約為若干？(原子量：H=1、C=12、Br=80。偶合度 = $\frac{\text{偶合的乙酸莫耳數}}{\text{原乙酸莫耳數}} \times 100\%$)

- (A) 92% (B) 80% (C) 68% (D) 34% (E) 17%。

*11. 附圖為 500 克水溶解 45 克非電解質所形成溶液之冷卻曲線，試問下列敘述哪些正確？(水的 $K_f = 1.86^\circ\text{C/m}$)

- (A) 冷卻 5 分鐘後溶液開始凝固，其凝固點為 -0.93°C
 (B) 圖中 P 點，溶液之重量莫耳濃度 $C_m = 0.5 \text{ m}$
 (C) 圖中 Q 點，溶液之重量莫耳濃度 $C_m = 1 \text{ m}$
 (D) 該溶質之分子量為 180
 (E) 冷卻 10 分鐘後，共析出冰 200 克。



*12. 如附表，T 為對於 0.01 m 及 0.05 m 四種化合物水溶液，在常壓下所測得之凝固點度數。若考慮電解質的解離度，試問下列關係式哪些正確？

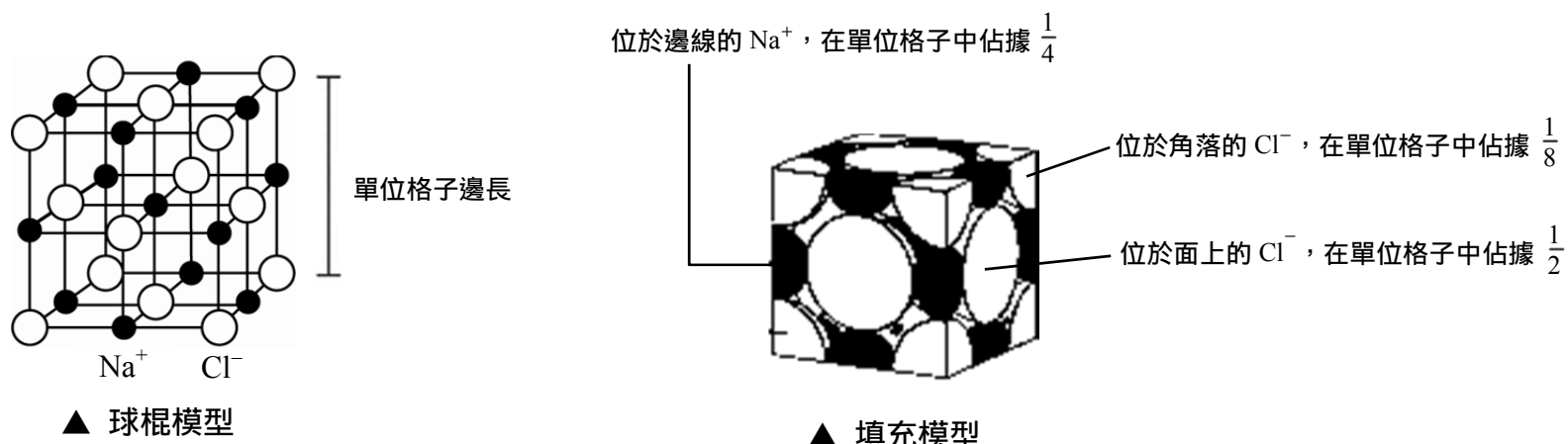
	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	NaCl	MgSO_4	K_2SO_4
0.01 m	T_1	T_3	T_5	T_7
0.05 m	T_2	T_4	T_6	T_8

- (A) $\frac{T_3}{T_1} > \frac{T_5}{T_1}$ (B) $\frac{T_6}{T_4} > 1$ (C) $\frac{T_7}{T_3} > 1$ (D) $\frac{T_3}{T_4} > \frac{1}{5}$ (E) $T_8 > T_7$ 。

【閱讀以下文章後，回答 13~15 題】

物質在固態時，粒子依一定的規律整齊排列，此種三度空間的規則結構稱為晶格，晶格中最小的重複單位稱為單位格子。附圖為氯化鈉單位格子的球棍模型與填充模型。由球棍模型可看到： Na^+ 位於單位格子的 12 個邊緣，另 1 個在單位格子的正中心； Cl^- 位於單位格子的 8 個角落，另 6 個在面上。由填充模型可看到：單位格子中， Na^+ 個數 = $12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$ ；

Cl^- 個數 = $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 。

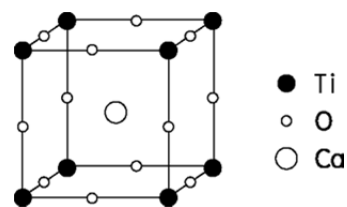


13. 假設 NaCl 單位格子的邊長為 a 公分，NaCl 的密度為 d (g/cm³)，亞佛加厥常數為 N_A，試問 NaCl 的莫耳質量應如何表示？

- (A) 2a³N_Ad (B) 4a³N_Ad (C) 8a³N_Ad (D) $\frac{1}{2}a^3N_A d$ (E) $\frac{1}{4}a^3N_A d$ 。

14. 在高溫超導領域中，有一種化合物叫鈣鈦礦，其單位格子如右圖所示，試問其化學式應如何表示？

- (A) CaTiO₃ (B) CaTiO₆ (C) Ca₂TiO₄ (D) Ca₃Ti₂O₄ (E) Ca₃TiO₂。



*15. 假設 Na⁺和 Cl⁻的離子半徑分別為 r₊ 和 r₋，由氯化鈉單位格子模型分析，下列敘述哪些正確？

- (A) 每個 Na⁺被緊鄰 6 個 Cl⁻所包圍 (B) 每個 Cl⁻周圍最接近的 Cl⁻有 12 個
 (C) Na⁺與 Cl⁻的最近距離 = 2 × (r₊ + r₋) (D) Na⁺與 Na⁺的最近距離 = (r₊ + r₋)
 (E) Cl⁻與 Cl⁻的最近距離 = $\frac{\sqrt{2}}{2}$ × (單位格子邊長)。

【閱讀以下文章後，回答 16~23 題】

氧化還原反應的定義是指電子從還原劑轉移至氧化劑的反應，然而有些氧化還原反應不易判斷電子的轉移現象，為了解這些反應中電子轉移的情況，化學家提出氧化數的概念來協助判斷反應中哪些原子涉及電子的轉移與轉移的電子數目，氧化數的判斷規則如表 2 所示。

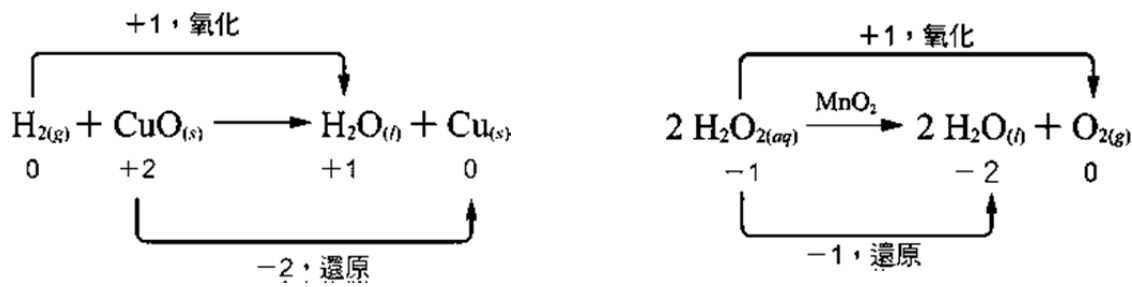
▼ 表 2_氧化數判斷規則

物質	氧化數	實例 (括號內數字為畫底線原子的氧化數)	
元素態原子	0	Na(0)、Cl ₂ (0)	
單原子離子	等於其所帶電荷數	Fe ³⁺ (+3)、S ²⁻ (-2)	
化合物中	氟	恆為-1	HF(-1)
	鹼金屬元素	恆為+1	NaCl(+1)
	鹼土金屬元素	恆為+2	CaO(+2)
化合物中的氫	金屬氫化物	-1	NaH(-1)、LiH(-1)
	非金屬氫化物	+1	H ₂ O(+1)、CH ₄ (+1)
含氧化合物中的氧	氧化物	-2	MgO(-2)
	過氧化物	-1	H ₂ O ₂ (-1)
	超氧化物	$-\frac{1}{2}$	KO ₂ ($-\frac{1}{2}$)
化合物中	各元素的氧化數總和為 0	H ₂ SO ₄ 中，H 為+1，O 為-2，可求得 S 為+6	
多原子離子中	各原子的氧化數總和等於離子的電荷值	CrO ₄ ²⁻ 中，氧化數總和為-2，因 O 為-2，可求得 Cr 為+6	

一般而言，A 族元素的氧化數介「A 族數-8」~A 族數之間。例如硫(6A 族)的氧化數範圍為 -2 ≤ S ≤ +6。在同一個化合物中，若其中某一元素有兩種以上的氧化數，常以平均氧化數來表示。如 Pb₃O₄ 中，氧化數+2 的 Pb 佔 $\frac{2}{3}$ ，氧化數+4 的 Pb

佔 $\frac{1}{3}$ ，故 Pb₃O₄ 中 Pb 的平均氧化數為： $\frac{2 \times (+2) + 1 \times (+4)}{3} = +\frac{8}{3}$ 。

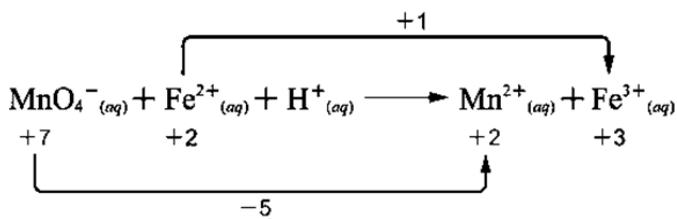
一個反應是否為氧化還原反應，可由反應前、後原子氧化數有無變化來判斷，若原子的氧化數有改變，則為氧化還原反應；若所有原子氧化數都未改變，該反應就不屬於氧化還原反應。反應前後，氧化數增加的物質，表示其失去電子，發生氧化，本身為還原劑；氧化數減少的物質，表示其得到電子，發生還原，本身為氧化劑。如氫與氧化銅的反應中， H_2 中 H 的氧化數由 0 變為 +1，氧化數增加， H_2 為還原劑； CuO 中 Cu 的氧化數由 +2 變為 0，氧化數減少， CuO 為氧化劑。此外，雙氧水分解成氧氣與水的反應，雙氧水中氧的氧化數由 -1 改變為氧氣的 0 與水的 -2，此種同一物質之同一種原子的氧化數，既增加又減少的反應，稱為自身氧化還原。



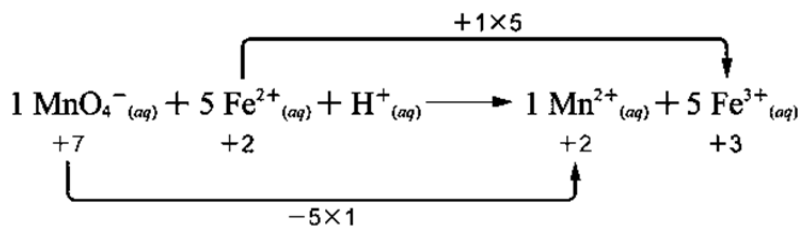
在氧化還原反應前後，較強的氧化劑其對應的產物為較弱的還原劑；較強的還原劑其對應的產物為較弱的氧化劑。例如反應 $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ 中，Zn 是比 Cu 為更強的還原劑， Cu^{2+} 是比 Zn^{2+} 為更強的氧化劑。當鋅片置入硫酸銅溶液中，反應自然發生，換言之，氧化還原反應的自發方向是由強氧化劑(氧化力較高)與強還原劑(還原力較高)往弱氧化劑與弱還原劑之方向進行。

氧化還原反應與其他化學反應一樣，都須遵守原子不滅與電荷數平衡，但在氧化還原反應中，多了電子得失(轉移)或氧化數改變的特點。就電子得失而言，氧化劑所獲得之電子數等於還原劑所失去之電子數；就氧化數而言，氧化劑之氧化數減少量等於還原劑之氧化數增加量，可藉由此特點來平衡氧化還原的反應式。以酸性 MnO_4^- 水溶液與 Fe^{2+} 之間的反應為例：

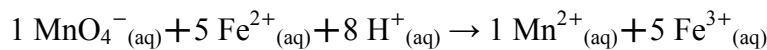
(1) 觀察全反應，找出各試劑的對應產物，計算氧化數變化。 MnO_4^- 變成 Mn^{2+} ，氧化數變化為 -5； Fe^{2+} 變成 Fe^{3+} ，氧化數變化為 +1。



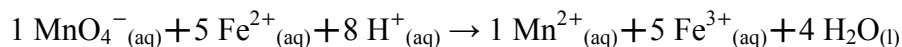
(2) 分別對反應物及產物乘上適當係數，使氧化數增減的總和為 0。本反應中，氧化數變化為 -5 的，係數要乘上 1；氧化數變化為 1 的，係數要乘上 5。如此一來，便可使得失電子的總數各為 5。



(3) 在酸性溶液中，用 H^+ 平衡電荷；在鹼性溶液中，用 OH^- 平衡電荷。在本反應中，目前方程式右邊電荷已確定為 $1 \times (+2) + 5 \times (+3) = +17$ ，方程式左邊目前只有 $1 \times (-1) + 5 \times (+2) = +9$ ，所以還缺 8 個 H^+ ，因此 H^+ 的係數為 8。



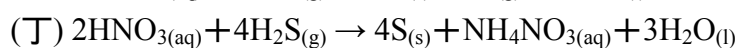
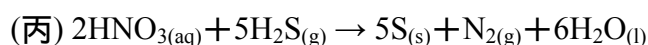
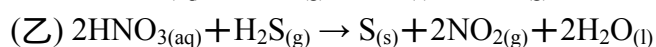
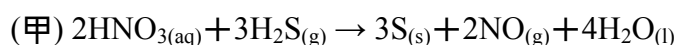
(4) 用 H_2O 的係數平衡 H 原子數。目前方程式左邊有 8 個 H^+ ，右邊要加上 4 個 H_2O ，如此便完成係數的平衡。



16. 下列化合物：(1) Na_3PO_4 ；(2) $HClO_4$ ；(3) As_2O_3 ；(4) H_2SO_5 ；(5) FeS_2 。畫底線之原子的氧化數由高而低之順序為何？

(A) (5)(1)(3)(4)(2) (B) (2)(4)(1)(3)(5) (C) (4)(2)(1)(3)(5) (D) (4)(2)(1)(5)(3) (E) (2)(4)(1)(5)(3)。

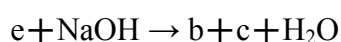
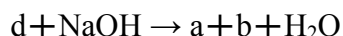
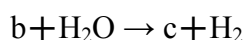
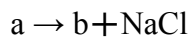
17. 在不同濃度的硝酸溶液中通入硫化氫，會發生不同的反應如下：



上述反應中，將硝酸的氮原子氧化數變化，由大至小依序排列(以絕對值來比較)，下列何者正確？

(A) 甲 > 丙 > 乙 > 丁 (B) 丁 > 丙 > 甲 > 乙 (C) 丙 > 丁 > 甲 > 乙 (D) 乙 > 甲 > 丁 > 丙 (E) 丁 > 乙 > 甲 > 丙。

18. 五種含氯的化合物 a、b、c、d、e，在相同條件時可分別進行下列反應：



試問此五種化合物中的氯原子，其氧化數的大小順序為何？

(A) $c > e > b > d > a$ (B) $a > c > b > d > e$ (C) $b > d > c > e > a$ (D) $e > d > b > a > c$ (E) $d > e > a > c > b$ 。

19. 取 1 莫耳 Zn 與 HNO_3 反應，產生 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO_2 、 NO 和 H_2O ，若欲使 NO_2 和 NO 之莫耳數比為 1：3(NO_2 ： NO)，試問需使用 HNO_3 若干莫耳？

(A) 2.2 (B) 2.4 (C) 2.6 (D) 2.8 (E) 3 莫耳。

20. 碘溶於 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ ，會自身氧化還原，生成碘化鈉及碘酸鈉 KIO_3 。試問此反應中，作為氧化劑的碘占總碘量的百分比為何？

(A) 16.7% (B) 40% (C) 60% (D) 83.3% (E) 90%。

21. 某溫度下，將氯氣通入 NaOH 溶液中，反應得到 NaCl 、 NaClO 及 NaClO_3 的混合溶液，並測得 ClO^- 與 ClO_3^- 的體積莫耳濃度比(ClO^- ： ClO_3^-)為 1：3，試問反應中還原的氯與氧化的氯之莫耳數比為何？(還原的氯：氧化的氯)

(A) 1：4 (B) 3：2 (C) 4：3 (D) 2：1 (E) 4：1。

*22. 某些材料當其溫度低於該物質的臨界溫度時，內部會呈現幾乎零電阻，送電時耗損能量極少，稱為超導現象。例如鈮銀銅氧化物，其組成可表示為 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ，當 $x=1$ 時，該氧化物是電的絕緣體； $0.6 \leq x < 1$ 時，該氧化物逐漸接近金屬導電的現象； $x < 0.6$ 時，開始有超導現象，隨著 x 進一步減小，超導的臨界溫度可以進一步攀升，一直到 $x=0.1$ ，超導的臨界溫度為 -181°C 。根據上文，判斷下列敘述哪些正確？(提示：Y 與 Sc 為同族元素)

(A) 當此類氧化物材料為絕緣體時，陽離子的氧化數總和小於 +12 (B) 當此類氧化物材料開始有超導現象時，陽離子的氧化數總和可以為 +12.4 (C) x 在 1~0.1 變化時， $\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 的氧化數總和皆等於 -7 (D) x 在 1~0.1 變化時，對於任一合理 x 值的氧化物，裡面 Cu 的氧化數均可能有 2 種或 2 種以上 (E) 隨著此類氧化物超導溫度提升，Cu 的平均氧化數隨之降低。

*23. 已知 a、b、c、d、e 五種金屬，形成離子之價態均為 +2，經實驗得知：

(1) b 與 e 可與鹽酸反應產生氫氣，而 a、d 則否。

(2) a 與 d^{2+} 可發生自發性反應。

(3) 常溫下，c 可與水反應產生氫氣，而 a、d、e 則否。

(4) c^{2+} 與 b 不反應。

由上述判斷，下列有關還原力的大小順序，哪些一定正確？

(A) $c > b > \text{H}_2$ (B) $e > \text{H}_2 > a$ (C) $b > e > a$ (D) $\text{H}_2 > a > d$ (E) $c > d > e$ 。

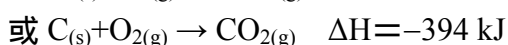
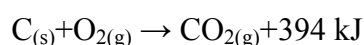
【閱讀以下文章後，回答 24~35 題】

儲存在物質內的能量，常以熱含量(H)表示，其絕對值無法測量，僅能測量變化前後物質能量的改變，稱之為反應熱(ΔH)，其定義為生成物的總熱含量減去反應物的總熱含量，即：

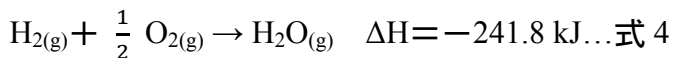
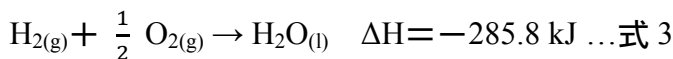
$$\Delta H = \text{生成物的總熱含量} - \text{反應物的總熱含量}。$$

反應熱的常用單位為千焦(kJ)或千卡(kcal)，其數值會受溫度、壓力及物質狀態的影響，化學家訂反應物和產物在 25°C 、1 大氣壓下的反應熱為標準反應熱。

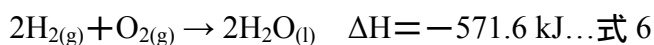
包含反應熱的化學反應式稱為熱化學方程式，例如在標準狀態下，1 莫耳石墨與氧氣完全反應生成二氧化碳，放出 394 千焦的熱量，其熱化學方程式有兩種表示：



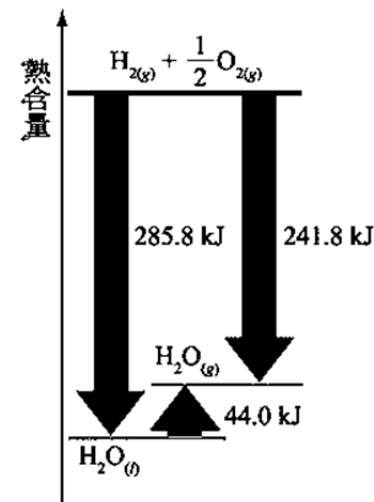
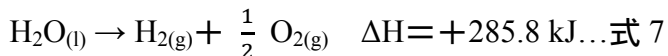
物質在固態、液態及氣態時的能量各不相同，所以在熱化學方程式中必須註明物質在反應前後的狀態。例如圖 2 所示，在 25°C 、1 大氣壓下，1 莫耳氫氣與 $\frac{1}{2}$ 莫耳氧氣完全燃燒生成水時放熱 285.8 千焦(式 3)；而生成水蒸氣時僅放熱 241.8 千焦(式 4)，減少的 44 千焦恰好為 25°C 、1 atm 時，1 莫耳水的汽化熱(式 5)。



反應熱的大小與物質的莫耳數成正比，若反應式中各物種的係數乘以 n 倍，則反應熱也會變 n 倍。例如將式 3 的係數乘以 2，則反應熱也會變 2 倍，如式 6 所示。



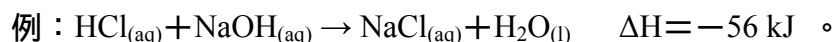
若反應以反方向進行，反應熱的大小不變，正負則須變號，例如將式 3 逆寫，則反應熱變為正值，如式 7 所示。



▲ 圖 2_氫氣在 25°C、1 大氣壓下完全燃燒，生成液態水與水蒸氣的反應熱不同。

化學反應熱因反應的種類不同，可分為中和熱、溶解熱、生成熱及燃燒熱等，分別簡述如下：

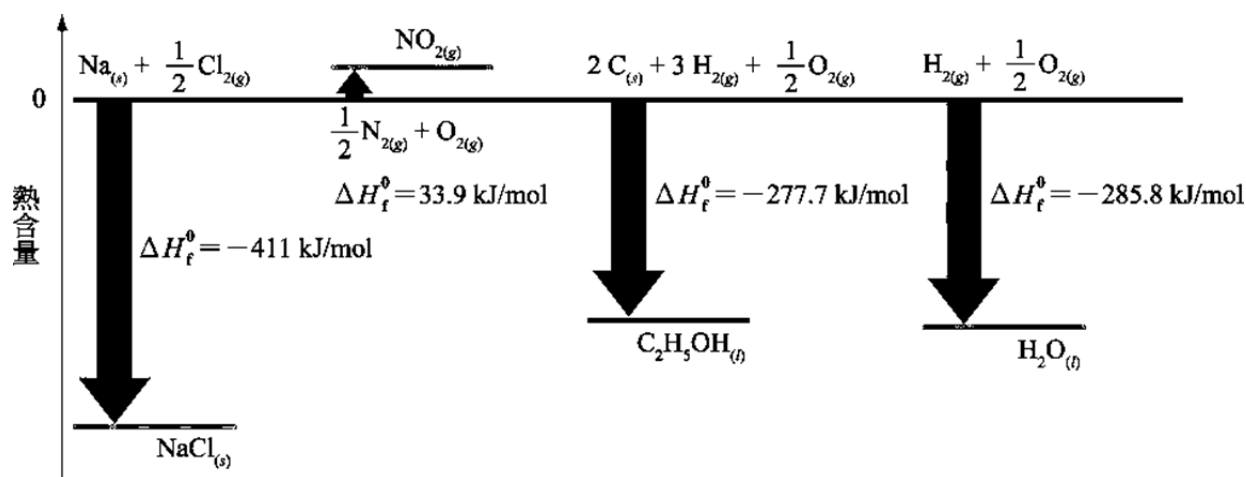
1. 莫耳中和熱：水溶液中酸與鹼反應，生成 1 莫耳的水所放出之熱量。



2. 莫耳溶解熱：1 莫耳溶質完全溶於大量溶劑時的能量變化。



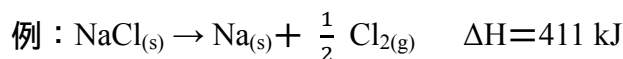
3. 莫耳生成熱：一莫耳的物質由其最穩定之成分元素反應生成時的熱含量變化，稱為該物質的莫耳生成熱；標準狀態下的莫耳生成熱稱為標準莫耳生成熱。圖 3 列出一些常見物質的標準莫耳生成熱。



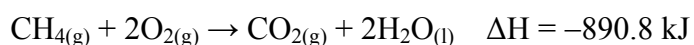
▲ 圖 3_常見物質的標準莫耳生成熱

標準狀態下，元素的莫耳生成熱定為零，例如 $\text{H}_{2(\text{g})}$ 、 $\text{Br}_{2(\text{l})}$ 、 $\text{Na}_{(\text{s})}$ 的莫耳生成熱為零。若某元素有多種同素異形體時，則將最穩定者的生成熱定為零，例如石墨(C)、斜方硫(S_8)及氧氣(O_2)等物質的莫耳生成熱為零；而其對應的同素異形體如鑽石、單斜硫及臭氧的莫耳生成熱則不等於零。

4. 莫耳分解熱：1 莫耳化合物分解生成其成分元素之反應熱，與莫耳生成熱同值異號。

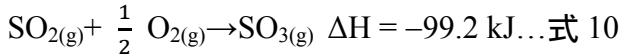


5. 莫耳燃燒熱：將一莫耳物質與氧氣完全燃燒所放出的熱量，稱為該物質的莫耳燃燒熱，若此燃燒熱在 25 °C、1 大氣壓下進行，則稱為標準莫耳燃燒熱。例如：甲烷的標準莫耳燃燒熱為 -890.8 千焦，表示甲烷和生成的二氧化碳及水都是在 25 °C、1 大氣壓的狀態時，甲烷燃燒放熱 890.8 千焦。

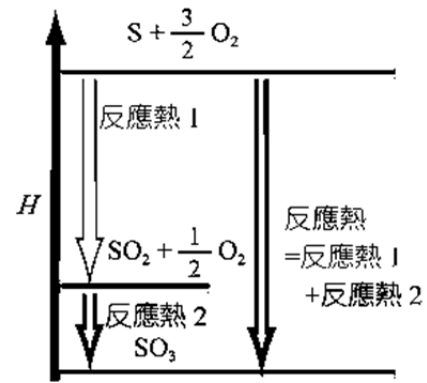


若為不可燃燒的物質，例如水、二氧化碳、氮(N_2)、氧(O_2)及鈍氣(He、Ne...)，其燃燒熱為零。

化學家赫斯在研究反應熱時發現，反應熱雖然受到狀態、溫度等因素影響，但和反應路徑無關。例如三氧化硫的生成熱：



無論是由硫直接燃燒而得三氧化硫(式 8)，或是先燃燒成二氧化硫，再繼續反應到三氧化硫(式 9 + 式 10)，最後三氧化硫的生成熱都是一樣的，如圖 4 所示。



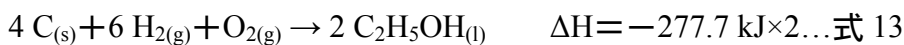
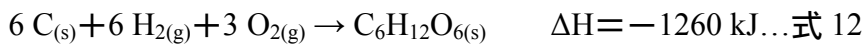
▲ 圖 4_三氧化硫的生成熱與赫斯定律

若一反應可由許多反應步驟相加而得，那麼此反應之反應熱也會等於各個反應步驟之反應熱相加，此即赫斯定律，又稱為反應熱加成定律。只要反應的起始反應物和最終產物相同，無論反應經過的途徑為何，其反應熱均相同。

化學方程式若已知各成分的生成熱，則可配合方程式中相對應的係數，依據赫斯定律便可推算其反應熱。例如已知葡萄糖、乙醇及二氧化碳的莫耳生成熱，分別為 -1260 kJ 、 -277.7 kJ 及 -393.5 kJ ，便能求出式 11 的 ΔH ：



先寫出上式各物質莫耳生成熱的熱化學方程式，再乘以相對應的係數：

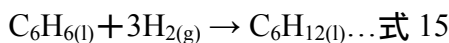


將式 13 和式 14 相加，再減式 12，便能得到式 11，依據赫斯定律其反應熱可依下式求出。

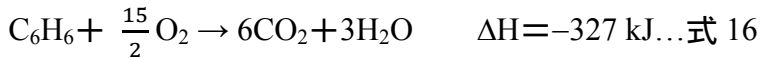
$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum(\text{生成物的莫耳生成熱} \times \text{該生成物的係數}) - \sum(\text{反應物的莫耳生成熱} \times \text{該反應物的係數}) \\ &= [(-277.7 \text{ kJ}) \times 2 + (-393.5 \text{ kJ}) \times 2] - [(-1260 \text{ kJ}) \times 1] = -82.4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

其中 Σ 代表各項的總和。

利用相同原理，若已知各成分的燃燒熱，則可配合方程式中相對應的係數，依據赫斯定律推算其反應熱。例如已知苯(C_6H_6)、 H_2 、環己烷(C_6H_{12}) 的莫耳燃燒熱分別為 -327 、 -286 、 -3919 kJ ，便能求出式 15 的 ΔH ：



先寫出上式各物質莫耳燃燒熱的熱化學方程式，再乘以相對應的係數：



將式 16 和式 17 相加，再減式 18，便能得到式 15，依據赫斯定律其反應熱可依下式求出。

$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum(\text{反應物的莫耳燃燒熱} \times \text{該反應物的係數}) - \sum(\text{生成物的莫耳燃燒熱} \times \text{該生成物的係數}) \\ &= [(-327 \text{ kJ}) \times 1 + (-286 \text{ kJ}) \times 3] - [(-3919 \text{ kJ}) \times 1] = 2734 \text{ kJ} \end{aligned}$$

24. 已知 $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) + 116 \text{ kcal}$ ，試問下列反應式，何者可能放出比前述反應更多熱能？

- (A) $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(l) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g)$ (B) $2\text{H}_2(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) + 2\text{O}(g)$ (C) $4\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) + 4\text{H}(g)$
 (D) $4\text{H}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g)$ (E) $\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 。

25. 某生欲利用 3 M 氫氧化鉀，將 90 mL 的 1 M 硫酸恰完全中和，試問在過程中會放熱若干 kJ？

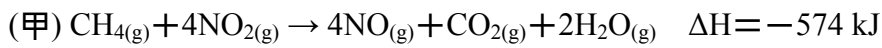
- (A) 2.3 (B) 5.04 (C) 10.08 (D) 20.4 (E) 30.8 kJ。

26. 世界各國為了有效控制並減緩溫室效應的持續惡化，減少二氧化碳排放量，擬開徵碳排放稅。有一液化瓦斯鋼桶，裝有 13.2 公斤液化丙烷。若在 27°C 、1 atm 下，每排放 1 立方公尺 CO_2 課稅 1 元，則在購買此桶瓦斯時，需繳交多少元碳稅？(若不滿 1 元，則四捨五入。假設桶內丙烷可完全使用。 27°C 、1 atm 下，1 莫耳氣體體積為 24.6 公升)

- (A) 7 (B) 13 (C) 22 (D) 26 (E) 52 元。

27. 於 25 °C、1 atm，由 H₂、CO 與 CO₂ 所混合的氣體 245 升，使之完全燃燒放熱 2554 kJ，並生成 72 克水，已知熱化學方程式： $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 286 \text{ kJ}$ ， $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 394 \text{ kJ}$ ， $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + 112 \text{ kJ}$ 。試問原混合氣體中含有 CO₂ 若干莫耳？(25 °C、1 atm 下，1 莫耳氣體體積為 24.5 公升)
(A) 5 (B) 4 (C) 3.5 (D) 2.5 (E) 1 莫耳。
28. 已知 CO_(g) 及 HCOOH_(l) 的莫耳燃燒熱依序為 -67.6 及 -62.8 kcal，而 H₂O_(l) 的莫耳生成熱為 -68.3 kcal，試問反應 $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HCOOH}(\text{l})$ 之反應熱為若干 kcal？
(A) -4.8 (B) 4.8 (C) 60 (D) -130.5 (E) 130.5 kcal。
29. 已知在標準狀況下：
 $2\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 4\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1 = -1007.8 \text{ kJ}$
 $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_2 = -316.4 \text{ kJ}$
 $2\text{NH}_3(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_3 = -143 \text{ kJ}$
 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_4 = -285.5 \text{ kJ}$
 試問在標準狀況下，1 莫耳 N₂H₄(l) 完全燃燒，生成 N₂(g) 及 H₂O(l) 的反應熱約為若干 kJ？
(A) -2486.3 (B) -264.2 (C) -621.3 (D) -1243.1 (E) -792.6 kJ。
30. 已知： $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + m \text{ kJ}$
 $\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Cr}(\text{s}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + n \text{ kJ}$
 若 $m > n$ ， $m > 0$ ， $n > 0$ ；且 Fe₂O₃(s)、Al₂O₃(s) 及 Cr₂O₃(s) 的莫耳生成熱分別為 x、y 及 z kJ，試問此三者的大小關係，下列何者正確？
(A) $x > y > z$ (B) $y > x > z$ (C) $z > y > x$ (D) $z > x > y$ (E) $x > z > y$ 。
31. 已知 CO_(g)、H₂(g)、CH₃OH_(l) 的莫耳生成熱分別為 -x、-y、-z；莫耳燃燒熱分別為 -a、-b、-c；且 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ 。試問下列關係何者正確？
(A) $x + y = a + 2b + c$ (B) $x + z = b + 2c - a$ (C) $y + z = b + 2c - a$ (D) $z - x = a + 2b - c$ (E) $x - z = a - 2b + c$ 。
32. 已知晶格能的定義是由氣態陰、陽離子形成離子晶格時所釋放的熱量，反應式如下：
 $\text{K}^+(\text{g}) + \text{F}^-(\text{g}) \rightarrow \text{KF}(\text{s}) \quad \Delta H = \text{晶格能}$
 試利用下列(1)~(5)的數據，推算氟化鉀之晶格能為若干 kJ/mol？
 (1) $2\text{K}(\text{s}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{KF}(\text{s}) \quad \Delta H = -1200 \text{ kJ}$
 (2) $\text{K}(\text{g}) \rightarrow \text{K}^+(\text{g}) + \text{e}^- \quad \Delta H = 420 \text{ kJ}$
 (3) $\text{K}(\text{s}) \rightarrow \text{K}(\text{g}) \quad \Delta H = 90 \text{ kJ}$
 (4) $\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{F}(\text{g}) \quad \Delta H = 150 \text{ kJ}$
 (5) $\text{F}(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{F}^-(\text{g}) \quad \Delta H = -330 \text{ kJ}$
(A) -855 (B) -930 (C) -1455 (D) -1530 (E) -1850 kJ/mol。
- *33. 下列有關各種反應熱的描述，何者錯誤？
 (A) $\text{N}_2(\text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g}) + 22 \text{ kcal}$ ，表示 NH₃(g) 之莫耳生成熱為 -11 kcal
 (B) $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 68 \text{ kcal}$ ，表示 CO_(g) 之莫耳燃燒熱為 -68 kcal
 (C) $\text{CaCl}_2(\text{s}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \quad \Delta H = -22.5 \text{ kcal}$ ，表示 CaCl₂(s) 之莫耳溶解熱為 -22.5 kcal
 (D) H₂ 之莫耳燃燒熱與 H₂O 之莫耳生成熱為等值異號
 (E) $\text{HCl}(\text{g}) + 431 \text{ kJ} \rightarrow \text{H}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g})$ ，表示 HCl_(g) 之莫耳分解熱為 431 kJ。

*34. 氮氧化物(NO_x)係一氧化氮及二氧化氮之混合氣體，主要來自引擎運轉過程中，空氣中的氮氣與氧氣作用。除了會加速臭氧層破壞，也會形成酸雨及光化學煙霧。在特定條件下，甲烷可以用來消除氮氧化物的汙染，反應式如下：



試問下列敘述哪些正確？

(A) 引擎運轉過程中，氮氣與氧氣反應： $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 8.1 \text{ kcal}$ ，表示 $\text{N}_2(\text{g})$ 之莫耳燃燒熱為 8.1 kcal

(B) $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -867 \text{ kJ}$

(C) 某氮氧化物(NO_x)依(甲)(乙)兩反應式，將 NO 與 NO_2 還原為 N_2 ，已知在此過程中，每莫耳 NO_x 轉移電子總數是 3.2 mol，則原始氮氧化物中 NO 所佔有的莫耳百分率為 60 %

(D) 若依(甲)(乙)兩反應式還原 NO_2 至 N_2 ，消耗 0.2 mol CH_4 ，則此過程中放出的熱量為 173.4 kJ

(E) 若用標準狀況(STP)下 4.48 升的 CH_4 還原 NO_2 至 $\text{N}_2(\text{g})$ ，則整個過程中轉移的電子總數為 3.2 mol。

(於 STP 下，1 莫耳氣體體積為 22.4 公升)

*35. 「卡計」是用來測定反應熱的裝置。某生以 x 材質之杯子做為卡計，測量硝酸鉀的溶解熱，步驟如下：

(1) 將 89.9 g 水倒入卡計中，平衡後溫度為 25 °C。

(2) 將 25 °C 硝酸鉀(莫耳質量=101) 10.1 g 倒入卡計中，待完全溶解後，平衡溫度為 20 °C。

假設上述各溶液的比熱為 1 cal/g °C，且卡計絕熱功能良好，不會與外界產生熱量交換。

下列有關該實驗的敘述，哪些正確？

(A) x 可使用保麗龍 (B) 每莫耳硝酸鉀的溶解熱為 5 kcal (C) 每莫耳硝酸鉀的溶解熱為 10 kcal (D) 可利用溫度計攪拌，以減少過多器材對溫度造成的干擾 (E) 硝酸鉀在水中的溶解度隨溫度提高而增加。

試題結束