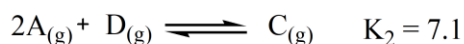


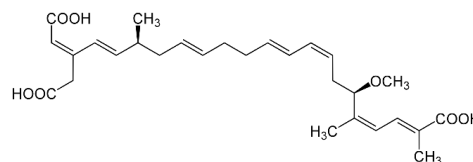
一、單一選擇題（每題 3 分，共計 72 分），答錯不倒扣

1. 針對以下三個化學反應式，以下敘述何者錯誤。



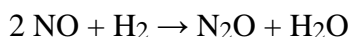
- A) 第三個反應之 $K_3 = 0.58$ 。
B) 由平衡常數可得知第二個反應最快達到平衡。
C) 定壓條件下加入氬氣，第一個反應仍維持平衡。
D) 定體積條件下加入氬氣，第三個反應仍維持平衡。

2. 邦克列酸被認為是造成寶林茶室食物中毒案的可能毒素，根據其結構下列敘述何者正確？



- A) 邦克列酸為阿瑞尼斯酸，但非布-洛酸。
B) 一莫耳的邦克列酸溶於水後解離出三莫耳的氫離子。
C) 一莫耳邦克列酸和三莫耳氫氧化鈉反應後，水溶液為鹼性。
D) 邦克列酸無法和氬氣反應。

3. 請根據以下的實驗數據，推論出一氧化氮還原反應的反應速率方程式：



實驗組	初始 [NO] (mol/L)	初始 [H ₂] (mol/L)	NO 消失速率 (mol/L·s)
1	6.4×10^{-3}	2.2×10^{-3}	2.6×10^{-5}
2	12.8×10^{-3}	2.2×10^{-3}	1.0×10^{-4}
3	6.4×10^{-3}	4.5×10^{-3}	5.1×10^{-5}

- A) $k[\text{N}_2\text{O}][\text{H}_2\text{O}]$
B) $k[\text{NO}][\text{H}_2]$
C) $k[\text{NO}]$
D) $k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$

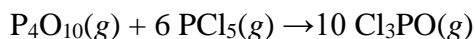
4. 請針對物質間的作用力與性質選出錯誤的敘述。

- A) 金屬之間的作用力不具有方向性
- B) 固體食鹽無法導電，但熔融態可以導電
- C) 化合物 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$ 中不具有離子鍵。
- D) 鑽石 (C) 與石英 (SiO_2) 均為共價網狀結構。

5.

反應式	ΔH° (kJ)
I. $\text{P}_4(\text{s}) + 6 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{PCl}_3(\text{g})$	-1225.6
II. $\text{P}_4(\text{s}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{g})$	-2967.3
III. $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{PCl}_5(\text{g})$	-84.2
IV. $\text{PCl}_3(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Cl}_3\text{PO}(\text{g})$	-285.7

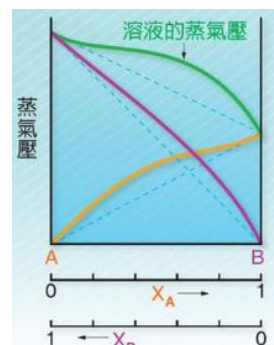
請根據以上反應數據，計算以下反應的反應熱 (ΔH°)。



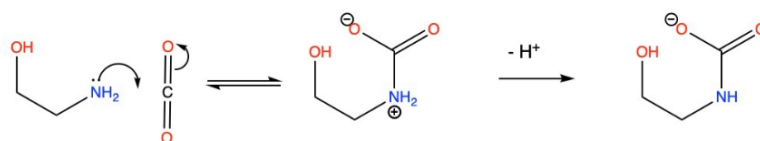
- A) -610.1 kJ
 - B) -2682.2 kJ
 - C) -7555.0 kJ
 - D) -110.5 kJ
6. 對一個裝有 1 莫耳甲醇與 1 莫耳氬氣的氣球做出下述處理，何者正確？
- A) 在 70°C 時，氣球內壓力大於一大氣壓。
 - B) 在室溫下，氬氣的莫耳分率大於甲醇的莫耳分率。
 - C) 在室溫下，甲醇與氬氣分壓相同。
 - D) 在 0°C 時，氬氣的分壓大於甲醇的分壓。

7. 你對兩種未知液體混合並量測其蒸氣壓，數據如右圖所示，對此溶液下列敘述何者正確？

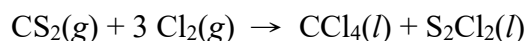
- A) 此溶液可能為理想溶液。
- B) 混合過程中，可感到溶液放出熱。
- C) 兩種溶液可能均為非極性化合物。
- D) 混合後的溶液總體積大於混合前的體積總和。



8. 乙醇胺 ($\text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) 可當作 CO_2 的捕捉劑，對減碳技術的發展十分重要，針對乙醇胺與 CO_2 的反應，下列敘述何者錯誤？



- A) 乙醇胺與 CO_2 反應後與鹼反應，可轉化為二級胺。
 B) 呈上選項，將此化合物用 HCl 滴定，可觀察到一個當量點。
 C) 在反應過程中增加 CO_2 壓力可提高反應速率。
 D) 此反應中乙醇胺可視為路易士鹼。
9. 「台積電於 2022 年領先業界成功大量量產 3 奈米鰭式場效電晶體製程技術。」這段話中「奈米」的意思是：
- A) 10^{-6} 米
 B) 10^{-9} 米
 C) 10^{-12} 米
 D) 10^{-15} 米
10. 元素 X 與 Y 可以形成兩種化合物， XY 與 X_2Y_3 。化合物 XY 中， $\frac{\text{質量 Y}}{\text{質量 X}}$ 的比值為 0.286，請問化合物 X_2Y_3 的 $\frac{\text{質量 Y}}{\text{質量 X}}$ 的比值。
- A) 0.191
 B) 0.429
 C) 2.33
 D) 5.24
11. 當 12.0 g 的 $\text{CS}_2(\text{g})$ (分子量 = 76.14) 與 20.0 g 的 $\text{Cl}_2(\text{g})$ (分子量 = 70.91) 進行下述反應，多少 g 的過量試劑會殘留下來？



- A) 4.84 g
 B) 5.54 g
 C) 7.16 g
 D) 8.00 g
12. 壬烷 (C_9H_{20}) 有 35 種結構異構物，主體為「庚烷」命名的有多少種？
- A) 9
 B) 10
 C) 11
 D) 12

在某高中化學實驗中，老師帶領同學操作「不同氧化數鈮錯離子的顏色」實驗。鈮錯離子的顏色如下：

鈮的價數	主要物種	顏色
+5	VO_2^+	黃色
+4	VO^{2+}	藍色
+3	V^{3+}	綠色
+2	V^{2+}	紫色

他們將配置好的含硫酸的 $\text{V}_2\text{O}_5(\text{aq})$ ，加入少量鋅粒，因為鋅粒與硫酸反應生成的氫氣，會跟 VO_2^+ 或 VO^{2+} 反應，所以可以觀察到溶液顏色變化。他們也注意到溶液的顏色變化會確實從黃色（ VO_2^+ ）變成藍色（形成 VO^{2+} ），而不是直接變成綠色（ V^{3+} ）。

請依據上述實驗過程回答以下問題 13~14：

13. 鈮(V) \rightarrow 鈮(IV) 的標準還原電位為 E_a° ，鈮(IV) \rightarrow 鈮(III) 的標準還原電位為 E_b° ，它們的大小關係為：

A) $E_a^\circ > E_b^\circ > 0$

B) $E_b^\circ > E_a^\circ > 0$

C) $E_a^\circ > 0 > E_b^\circ$

D) $E_b^\circ > 0 > E_a^\circ$

14. 加入「鋅粒」一段時間後，溶液一直呈現綠色且不再改變，直到加入「鋅粉」之後，溶液很快就變成紫色。下列原因何者不正確？

A) 鈮(III) \rightarrow 鈮(II) 的標準還原電位為負值。

B) 鋅粉具有較強的還原能力。

C) 關於鈮離子的還原，「鋅粒」並非直接參與，「鋅粉」則是直接參與。

D) 等待的「一段時間」不夠長，只要時間足夠，應該也會變色。

15. 自鈮到鋅的第一列過渡元素，其二價陽離子形成的化合物多數是有顏色的。有顏色的原因歸因於電子自其中一個 $3d$ 軌域躍遷至另一個 $3d$ 軌域會吸收可見光。以下哪一個離子傾向形成無色的化合物？

A) Zn^{2+}

B) Ni^{2+}

C) Fe^{2+}

D) Cr^{2+}

16. 在生物化學眾多泛用的緩衝溶液中，TRIS $\{(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2\}$ 為其中之一。配置足量的 TRIS 與 12 M 的 HCl(aq) 使其成為 1 L、 $[\text{TRIS}] = 0.30 \text{ M}$ 、 $[\text{TRISH}^+] = 0.60 \text{ M}$ 的緩衝溶液。請問此緩衝溶液的 pH 值。（TRIS 的 $\text{p}K_b = 5.92$ ， $\log 2 = 0.3010$ ）

A) 8.08

B) 7.78

C) 6.22

D) 5.92

孔洞材料是一類固體中含有穩定且重複出現奈米尺度孔洞的物質，此類材料被廣泛應用於工業催化劑，除水劑，氣體吸附劑等用途。其中普魯士藍是一種非常特殊的存在，其結構是由鐵離子與氰離子（ CN^- ）鍵結生成穩定的配位錯合物穩定骨架結構，其中包含正立方體孔洞，孔洞的頂點由鐵離子構成，而邊由氰離子構成。

普魯士藍是一種非常經典的顏料，早在古埃及時代就曾被人們所製備出，其後更由於其所呈現的特殊穩定深藍色，因此深受許多藝術家的喜愛。普魯士藍可以利用黃色的黃血鹽 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 與三氯化鐵混和製備，普魯士藍的結構是由 $[\text{Fe}(\text{II})\text{CN}_6]^{4-}$ 離子與 Fe^{3+} 離子結合而成，其中由於二價鐵為較軟的路易士酸（softer Lewis acid），因此較傾向於與 CN^- 離子較軟的碳端（軟路易士鹼）結合，而三價鐵為較硬的路易士酸（harder Lewis acid），因此能與 CN^- 離子較硬的氮端（硬路易士鹼）有較好的鍵結。

雖然普魯士藍的結構中同時含有二價及三價鐵離子，但這兩種離子在普魯士藍中都具有相同的六配位正八面體結構，而此類同時含有同元素的兩種氧化態的物質，被稱為混合價態化合物。另一種與普魯士藍組成成分相同（鐵離子與 CN^- 離子結合而成），但顏色略有不同的顏料稱為滕氏藍，此化合物是由紅色的赤血鹽 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 與氯化亞鐵所合成得來，經過化學家仔細研究後證實此二種顏料具有相同結構。由於普魯士藍的混和價態特性，反應系統中若只存在單一氧化態的鐵離子時，則無法順利生成普魯士藍。藉由此一反應特性，藍印術因此應運而生。

近年來，科學家基於普魯士藍結構成功利用錳、鐵、鈷、鎳、銅等過渡金屬離子與氰離子合成出名為普魯士白的化合物，由於此類結構中氰離子提供良好的電子傳遞 π -鍵結，因此電子可在材料中輕易穿梭，且由於普魯士藍之孔洞結構，鹼金屬離子可自由的在其中穿梭，因此，普魯士白被認為是一種非常高潛力的鈉離子電池電極材料。

請依據上述普魯士藍之文章回答以下問題 17~24：

17. 請問以下何者與普魯士藍相同，具有混和價態性質？

A) CuS

B) Ti_3N_4

C) NaCl

D) Fe_3O_4

18. 普魯士藍 $\{KFe[Fe(CN)_6]\}$ 本身除了可作為顏料外，也被應用於鉈(I)金屬離子 (Tl^+) 中毒解毒劑，其在解毒過程中可轉變為鉈取代普魯士藍 $TlFe[Fe(CN)_6]$ ，請問：此解毒作用與以下何者相似？
- A) 硝酸銀與氯化鈉反應生成沉澱物。
 - B) 乙二胺四醋酸鈉用於重金屬離子解毒。
 - C) 離子交換樹脂進行水質軟化。
 - D) 活性碳吸收有毒氣體。
19. 假設普魯士藍之氰離子為點狀離子且不考慮孔洞中之其他離子，氧化銻 (ReO_3) 具有與普魯士藍之骨架相同結構，已知氧化銻晶格長度為 3.742\AA ，銻原子量為 186.207，請問：氧化銻之預期密度最接近以下何者？
- A) 5 g/cm^3
 - B) 7 g/cm^3
 - C) 9 g/cm^3
 - D) 11 g/cm^3
20. 藤氏藍與普魯士藍實驗證實是同樣化合物，但其合成原料相當不同，請問：藤氏藍在合成中發生了以下何種反應，使其最終結構與普魯士藍相同？
- A) 電子轉移
 - B) 配位基解離再結合
 - C) 共同沉澱
 - D) 酸鹼中和
21. 已知普魯士白在鈉電池中做為負極材料，請以下反應何者可發生在此電極上？
- A) 充電時，過渡金屬離子還原，電極上鈉離子密度減少。
 - B) 充電時，過渡金屬離子氧化，電極上鈉離子密度增加。
 - C) 放電時，過渡金屬離子還原，鈉離子進入孔洞。
 - D) 放電時，過渡金屬離子氧化，鈉離子離開孔洞。
22. 已知藍印術可利用檸檬酸銨鐵與赤血鹽混和溶液塗布於紙上乾燥後，將部分紙面遮蔽並照射太陽光，則為遮蔽處會顯現出藍色。檸檬酸為三質子酸，檸檬酸銨鐵為 $(NH_4)_5[Fe(C_6H_4O_7)_2]$ 。請問，以下敘述何者正確？
- A) 赤血鹽可用黃血鹽取代。
 - B) 檸檬酸銨鐵可用氯化亞鐵取代。
 - C) 此反應檸檬酸根提供電子。
 - D) 照光的目的是提升配位反應速率。
23. 請問以下何者與氰離子與二價鐵離子（原子序：26）價電子數為？
- A) 10、6
 - B) 10、5
 - C) 12、6
 - D) 12、5

24. 已知將普魯士藍利用電化學法還原後其藍色將會退去，請問普魯士藍的顏色來自於？

- A) 二價鐵離子吸收光子使電子躍遷到二價鐵離子本身的高能軌域。
- B) 三價鐵離子吸收光子使電子躍遷到三價鐵離子本身的高能軌域。
- C) 二價鐵離子吸收光子使電子躍遷到三價鐵離子的軌域。
- D) 氰離子吸收光子使電子躍遷到氰離子的高能軌域。

二、非選擇題：請詳細作答

1. 四氯化鈦 (TiCl_4) 為液態且高活性的過渡金屬氯化物，其可迅速與空氣中的水蒸氣反應，產生酸性的煙霧 (HCl 蒸氣混合 TiO_2)，請根據下述資訊回答以下問題。

$$R = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Ti 莫耳質量} : 48.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Cl 莫耳質量} : 35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{O 莫耳質量} : 16.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- a. (3 分) 列出四氯化鈦與水反應的方程式並平衡。
- b. (3 分) 在室溫下將一密閉且裝有一大氣壓空氣的玻璃容器 (2 L) 中加入 0.5 g TiCl_4 ，反應後測量 TiCl_4 殘重為 0.11 g，請問生成的 TiO_2 重量為何？
- c. (3 分) 重複以上實驗，但加入過量 TiCl_4 且加長反應時間使水氣完全反應。測量後發現壓力較反應前上升 0.1 atm，請計算空氣中水蒸氣之莫耳分率為何？

2. 請寫出以下反應式，並平衡其係數 (請於反應式中加入缺少的水、鹽)：

- a. (3 分) 二價鐵離子與二鉻酸根於酸性溶液中反應生成三價鐵離子及三價鉻離子。
- b. (3 分) 硫代硫酸鈉與氯分子反應生成硫酸氫鈉與鹽酸。
- c. (3 分) 二鉻酸鈉與氯化銨反應生成氧化鉻(三價)與氮氣。

3. (10 分) 丙二烯 ($\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$) 是不是平面分子？請用「價鍵理論」並畫圖說明。注意：圖中必須註明每個碳原子使用什麼軌域形成鍵結。