

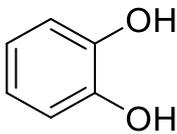
114 學年度普通型高級中等學校
數理及資訊學科能力競賽
化學科決賽

示範試題

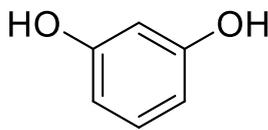
一、單選題：

1. 下列分子何者不具有偶極矩 (dipole moment) ?

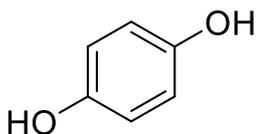
(A)



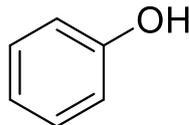
(B)



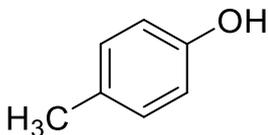
(C)



(D)



(E)



2. 下列化合物中，何者無法由分子式 C₅H₁₀ 的異構物與臭氧反應後獲得？

(A) CH₃CHO (B) CH₃C(O)CH₃ (C) CH₃CH₂CHO (D) HOC(CH₂)₃CHO

(E) CH₂O

3. 下列何者化合物具有最高的沸點？

(A) CH₃C(O)CH₃ (B) CH₃CH₂CO₂H (C) CH₃CH₂CH₂OH (D) CH₃CO₂CH₃

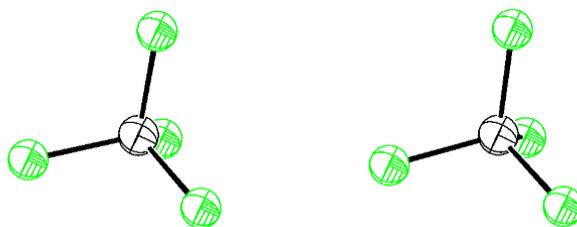
(E) CH₃CH₂CHO

4. 氫的核磁共振光譜(¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy)可以偵測氫原子核環境的細微差異。例如室溫下，正丁烷(*n*-butane)在核磁共振光譜儀下顯示有兩種處於不同環境下的氫原子核，但是環丁烷(cyclobutane)則只有單一的氫原子核吸收訊號(即該分子的氫原子核皆處於相同的環境)。依此概念，異丁烷(2-methylpropane, CH₃CH(CH₃)₂)在核磁共振光譜儀下，有幾種氫原子核的吸收訊號？

(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 6

5. 下列關於電石的敘述何者正確？
- (A) 主要成分是碳酸鈣
- (B) 與水反應產生的氣體為氫氣
- (C) 與水反應的有機產物實驗式與苯的實驗式相同
- (D) 照明用的電石燈是利用電石產生電力點亮燈泡
- (E) 與水反應的產物溶於水呈酸性

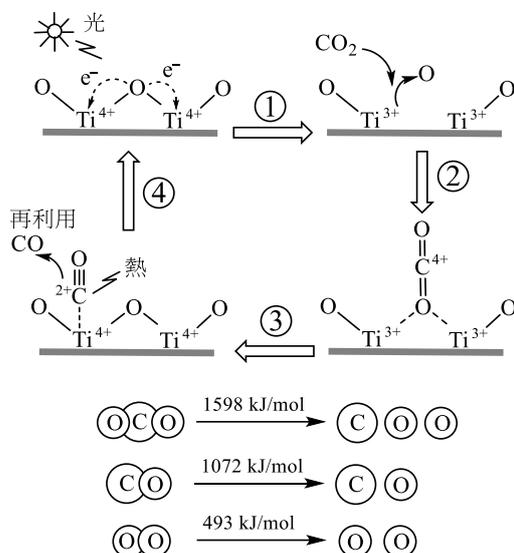
6. 固態四氯化碳的結構在 195 K 低溫經 X-光單晶繞射顯示結構如下所示：



在固態將四氯化碳分子彼此吸引、使其聚集在一起的作用力為何？

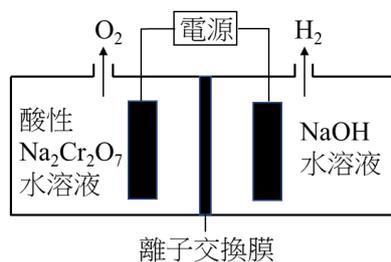
- (A) 極性共價鍵
- (B) 非極性共價鍵
- (C) 由暫時偶極產生的分子間作用力
- (D) 由永久偶極產生的分子間作用力
- (E) 氫鍵
7. 硫和氮及其化合物對生物體至關重要，另一方面，硫氧化物和氮氧化物造成的環境問題一直受到關注。下列關於硫氧化物和氮氧化物的相關敘述，何者正確？
- (A) NO_2 與 SO_2 均為紅棕色且有刺激性氣味的氣體，是酸雨的主要成因
- (B) 汽車尾氣中的主要大氣污染物為 NO 、 SO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$
- (C) 植物直接吸收利用空氣中的 NO 和 NO_2 作為肥料，是為氮的固定
- (D) 將 SO_2 與 SO_3 的混合氣體通過 NaHCO_3 飽和溶液，可除去 SO_3
- (E) 工業廢氣中的 SO_2 可利用生石灰進行脫除： $2 \text{CaO}(\text{s}) + 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CaSO}_4(\text{s})$
8. 在 25°C 時，將 25.8 g 己烷(C_6H_{14})和 16.8 g 環己烷(C_6H_{12})充分混合，其溶液的飽和蒸氣壓為 129.6 mmHg，若再加入 8.4 g 環己烷於混合溶液，所得溶液的飽和蒸氣壓為 124.1 mmHg。若己烷和環己烷的混合溶液為理想溶液，在 25°C 時，己烷的飽和蒸氣壓是多少 (mmHg)？ (原子量：H=1.0，C=12.0)
- (A) 98.6 (B) 104.1 (C) 121.4 (D) 126.8 (E) 151.6

9. 科學家發現以 TiO_2 為催化劑的光熱化學循環分解 CO_2 反應，有潛力降低溫室氣體排放。此方法的反應機構與各分子化學鍵完全斷裂時的能量變化如下頁圖所示。下列關於此方法的敘述，何者正確？

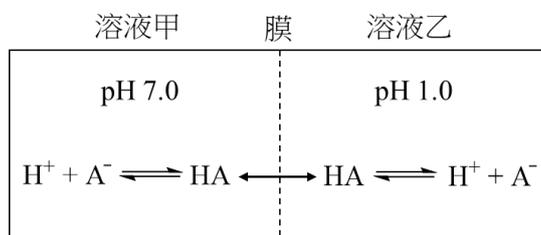


- (A) 該反應中，化學能由光能轉化而得
- (B) 過程①中 Ti-O 鍵斷裂並釋放能量
- (C) 使用 TiO_2 作為催化劑可以降低反應的反應熱 (ΔH)，從而提高化學反應速率
- (D) 根據上圖， CO_2 分解反應的熱化學反應式為：
- $$2 \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +556 \text{ kJ/mol}$$
- (E) 活化能大小: ① > ② > ③ > ④
10. 過硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$)是一種重要的氧化劑、漂白劑，在酸性溶液中，可將 Mn^{2+} 氧化成 MnO_4^- ，但一般情況下，該反應進行的非常緩慢，加入幾滴 AgNO_3 的溶液後，混合液迅速變為紫紅色。下列相關敘述，何者正確？
- (A) AgNO_3 在上述反應中為氧化劑
- (B) 上述反應中的還原產物為 MnO_4^-
- (C) 1 莫耳 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中有 1 莫耳過氧鍵
- (D) 上述反應中氧化劑與還原劑的莫耳數比為 5 : 1
- (E) 氧化過程中，過硫酸銨的氧原子轉移至 Mn^{2+} ，形成 MnO_4^-

11. 重鉻酸鈉($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)的酸性水溶液隨著 $[\text{H}^+]$ 的增加會轉化為 CrO_3 。以電解法製備 CrO_3 的原理如下圖所示。下列關於此法的相關敘述，何者不正確？



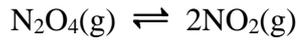
- (A) 電解時，只有 H^+ 可通過離子交換膜
- (B) 生成 O_2 和 H_2 的質量比為8:1
- (C) 電解一段時間後，陰極區溶液的 $[\text{OH}^-]$ 增加
- (D) CrO_3 的生成反應： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (E) CrO_3 的生成反應是酸鹼反應，也是氧化還原反應
12. 常溫下，一元酸HA的 $K_a = 1.0 \times 10^{-3}$ 。在某系統中， H^+ 與 A^- 離子不能穿過隔膜，未解離的HA則可以自由穿過該膜(如下圖所示)。



該溶液中 $[\text{HA}]_0 = [\text{HA}] + [\text{A}^-]$ ($[\text{HA}]_0$ 為HA未解離前的初始濃度)，當達到平衡時，下列敘述何者正確？

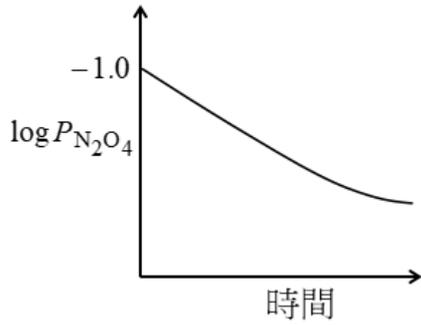
- (A) 溶液甲中， $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{A}^-]$
- (B) 溶液乙中，HA的解離度 $\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]_0}\right)$ 為 $\frac{1}{10}$
- (C) 溶液甲和溶液乙中的 $[\text{HA}]$ 不相等
- (D) 溶液甲和溶液乙中的 $[\text{HA}]_0$ 之比為 10^{-4}
- (E) 兩溶液的 $[\text{H}^+]$ 相等

13. N_2O_4 氣態分子可分解為 NO_2

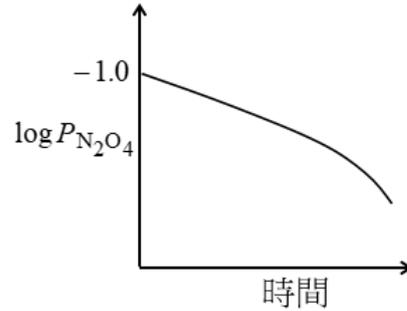


在 25°C 時，正向反應的速率常數(k_f)為 $5.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，反應的壓力平衡常數(K_p)為 0.14。
若在 25°C 的固定體積容器內置入 0.10 atm 的 N_2O_4 ，下列圖示中何者最能表示 N_2O_4 壓力($P_{\text{N}_2\text{O}_4}$)與反應時間的變化？

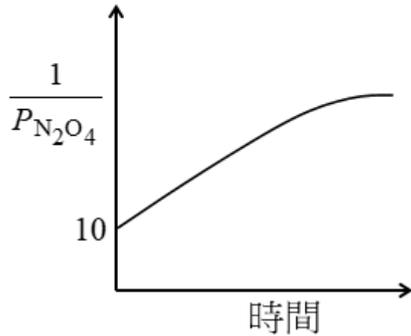
(A)



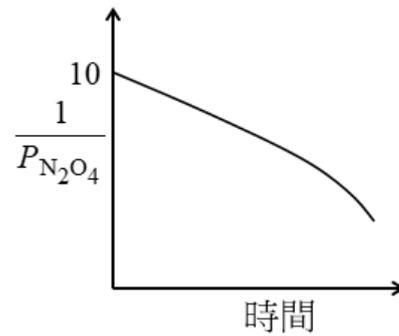
(B)



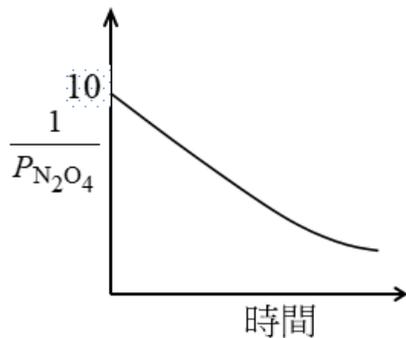
(C)



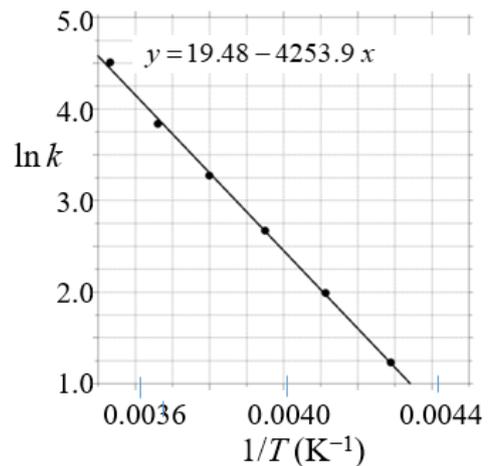
(D)



(E)

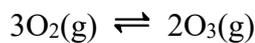


14. 在不同溫度 T 時，測量吡啶(C_5H_5N)與鋱化合物加成反應的速率常數 k ， $\ln k$ (y 軸)隨 $1/T$ (x 軸)的變化如右圖所示，兩者呈線性關係。則此反應的活化能是多少(kJ/mol)？



- (A) 19.5 (B) 35.4 (C) 51.9 (D) 81.3 (E) 162.0

15. 在一固定體積的容器內含有 O_2 和 O_3 的混合氣體，在 $127^\circ C$ 兩者間壓力達平衡時：



容器內氣體總壓力為 0.40 atm ，其密度為 0.439 g/L ，則上述反應式的壓力平衡常數(K_p)是多少？(原子量： $O=16.0$)

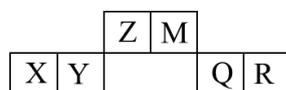
- (A) 0.011 (B) 0.33 (C) 0.37 (D) 2.7 (E) 3.3

16. 已知 N_2 和 O_2 分子內的鍵能分別為 946 kJ/mol 和 498 kJ/mol ， NO_2 氣體分子的標準莫耳生成熱(ΔH_f°)為 33 kJ/mol ，則 NO_2 分子中 $N-O$ 鍵的平均鍵能約是多少(kJ/mol)？

- (A) 453 (B) 469 (C) 485 (D) 502 (E) 689

二、多選題：

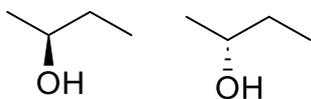
1. X 、 Y 、 Z 、 M 、 Q 和 R 為週期表中前三週期的元素，其中 Y 的最高氧化數為 $+3$ ，且此 6 個元素在週期表中的相對位置如下圖所示。下列相關敘述，哪些正確？



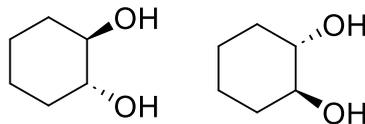
- (A) 還原能力： $ZQ_2 < ZR_4$
 (B) X 能從 ZO_2 中置換出 Z
 (C) Y 能與 Fe_2O_3 反應得到 Fe
 (D) Y 的氧化物是鹼性物質，溶於水會形成氫氧化物
 (E) M 最高氧化數的氧化物溶於水後的水溶液能與其最低氧化數的氫化物反應

2. 在有機化學裡“相同的”(identical)化合物，是指分子的結構可以“重疊的”或“疊加的”(superimposable)。選出包含有兩個“相同的”結構的組合。

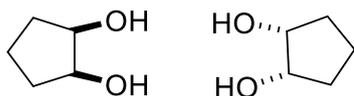
(A)



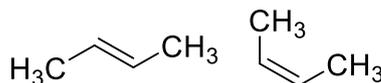
(B)



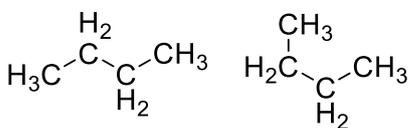
(C)



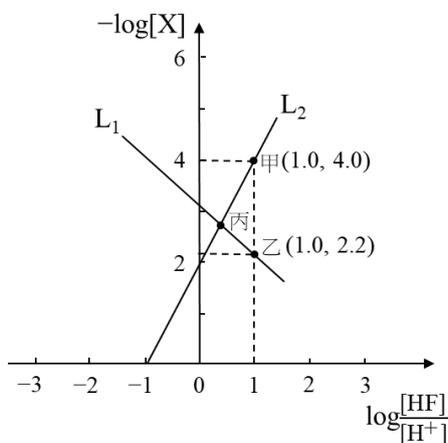
(D)



(E)



3. SrF_2 為一難溶於水，但溶於酸的鹽。常溫下， SrF_2 溶液的 pH 以鹽酸溶液調控，測得在不同 pH 條件下，溶液中的 $-\log[X]$ (X 為 Sr^{2+} 或 F^-) 與 $\log\frac{[\text{HF}]}{[\text{H}^+]}$ 的關係如下圖所示。下列相關敘述，哪些正確？



(A) L_1 代表 $-\log[\text{Sr}^{2+}]$ 與 $\log\frac{[\text{HF}]}{[\text{H}^+]}$ 的變化曲線

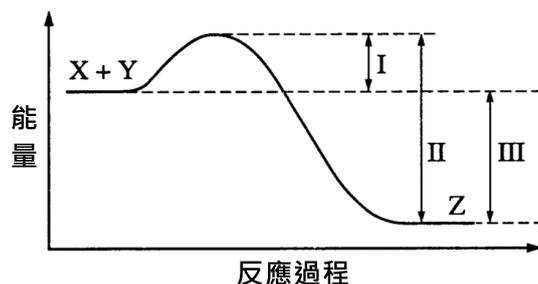
(B) SrF_2 的溶度積常數(K_{sp})數量級為 10^{-8}

(C) 甲、丙兩點的溶液: $2[\text{Sr}^{2+}] = [\text{F}^-] + [\text{HF}]$

(D) HF 的 $\text{p}K_{\text{a}}$ 為 3.2

(E) 丙點的溶液: $[\text{Cl}^-] > [\text{Sr}^{2+}] = [\text{HF}] > [\text{H}^+]$

4. 平衡反應 $X + Y \rightleftharpoons Z$ 的反應能量圖如下圖所示：

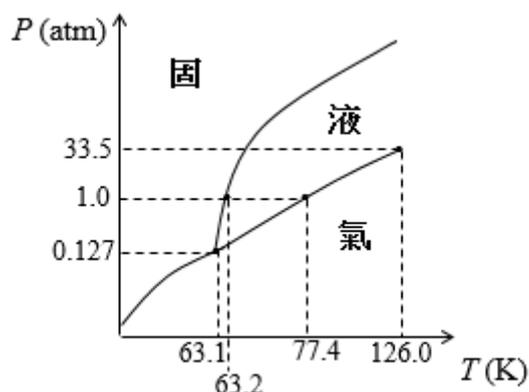


根據這些資訊，下列敘述哪些正確？

- (A) 加入催化劑後，I 會變小
- (B) 加入催化劑後，II 會變小
- (C) 加入催化劑後，III 會變小
- (D) 正反應的反應熱絕對值為 III
- (E) 逆反應為放熱反應

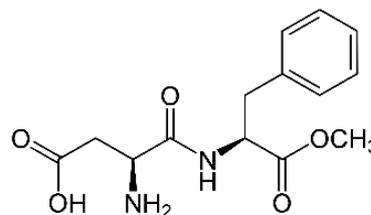
5. 相圖用於描述物質在不同溫度和壓力下存在的狀態，右圖是氮氣(N₂)的相圖，下列有關氮氣的敘述，何者正確？

- (A) 液態氮的密度大於固態氮
- (B) 在溫度 150 K 時，增加壓力可液化氮氣
- (C) 在 1.0 atm 時，不會有昇華的現象
- (D) 在 20°C 時，固態氮不能穩定存在
- (E) 在 25°C、1.0 atm 下，液態氮可以穩定存在

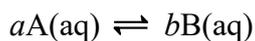


6. 下列有關阿斯巴甜 (Aspartame, 如右圖) 的敘述，哪些選項正確？

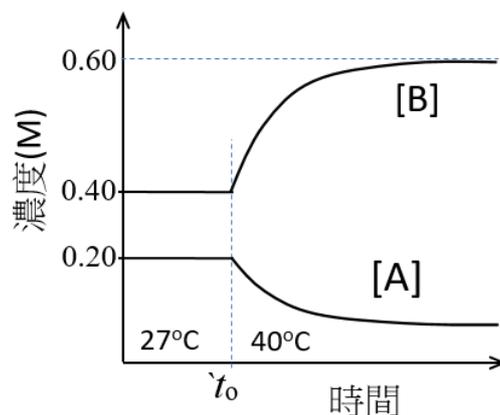
- (A) 可作為代糖，具有甜味
- (B) 結構中包含醯胺(amide) 官能基
- (C) 結構中包含羧酸(carboxylic acid)與酯(ester) 官能基
- (D) 結構中不包含芳香烴
- (E) 不適用於高溫烘焙，因為醯胺鍵在高溫下會先水解(hydrolysis)。



7. 有一水溶液反應

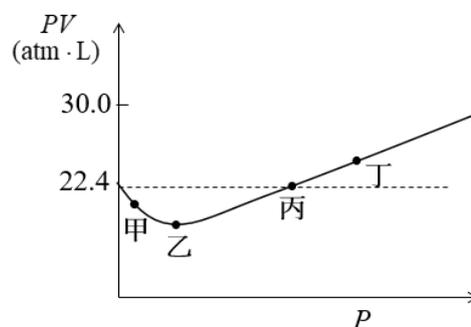


a 與 b 為反應式的平衡係數，其正、逆向反應的速率常數為 k_1 和 k_{-1} ，反應的活化能為 E_{a1} 和 E_{a-1} 。在 27°C 反應到達平衡時，若保持在相同壓力下，在時間 t_0 升溫至 40°C ，A 和 B 的濃度隨時間的變化如右圖所示。下列有關此反應的敘述中，哪些是正確？



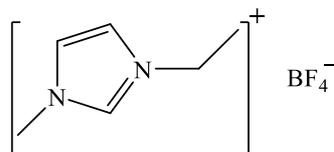
- (A) $a > b$
- (B) $E_{a1} > E_{a-1}$
- (C) 是吸熱反應
- (D) 溫度升高，反應平衡常數增加
- (E) 溫度升高， k_1 增加而 k_{-1} 減小

8. 在 0°C 時，將 1.0 mole CO_2 氣體置入密閉容器內，其壓力(P)與體積(V)的乘積隨壓力的變化，如右圖所示。在圖中甲、乙、丙、丁四個點表示不同的氣體壓力狀態。在乙點時， PV 乘積達最小值。下列哪些有關 CO_2 氣體的敘述是正確？



- (A) 在小於乙點的壓力時， PV 乘積隨壓力增加而減少，表示分子具有體積
- (B) 在大於乙點的壓力時， PV 乘積隨壓力增加而增加，表示分子間具有引力
- (C) 在甲~丁點中，乙點的 CO_2 分子間排斥力最大
- (D) 在甲~丁點中，甲點的 CO_2 氣體性質最接近理想氣體
- (E) 若保持在 1 大氣壓時，將 CO_2 氣體溫度加熱至 100°C ，其性質接近理想氣體

9. 離子液體是在室溫或接近室溫時呈液態的離子化合物，應用廣泛。1-乙基-3 甲基咪唑四氟硼酸鹽離子液體的結構如下圖所示。



下列關於此離子化合物與離子液體的敘述，哪些正確？

- (A) 此離子化合物的熔點低於氯化鈉晶體
 (B) 此離子化合物的陰離子呈正四面體形，含有共價鍵和配位鍵
 (C) 此離子化合物的陽離子中 σ 鍵數目是 π 鍵數目的 10 倍
 (D) 此離子化合物的陽離子有兩對孤電子對
 (E) 離子液體難揮發，可用作溶劑，且可回收使用

三、非選題：

1. 實驗室中有三瓶試藥，成分分別為硫酸銅、鉻酸鉀與碘化鉀，但藥瓶標籤已經脫落，難以識別。某生各取出少許，以水溶解，分別標示為(甲)、(乙)與(丙)，再以之進行下列探究實驗。

實驗 I：從各溶液中取出一毫升，分別滴入數滴 6 M 硫酸溶液。(甲)無變化。(乙)立即變色，如圖 1 所示。(丙)初無反應，但隨靜置時間增長，逐漸顯現顏色，色澤也逐漸加深，如圖 2。

實驗 II：重新進行實驗。從(甲)中取出若干，滴入(丙)中。溶液頓時出現灰色沉澱，並變成褐色溶液，如圖 3 所示。

解釋三圖所示的化學變化，並列出相關反應的平衡淨離子式，係數以最小整數比表示。無推導、無淨離子式，不予計分。

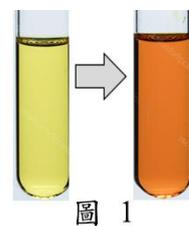


圖 1

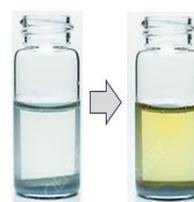


圖 2

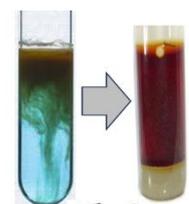


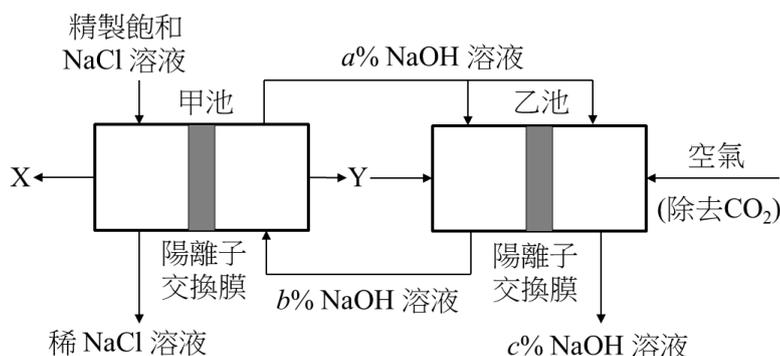
圖 3

2. I_2 (碘) 為紫黑色固體，微溶於水。碘與其化合物廣泛用於醫藥、染料等方面。回答以下問題。

(1) I_2 可從 $NaIO_3$ 為原料製備，流程如下：先向 $NaIO_3$ 溶液中加入計量當量的 $NaHSO_3$ ，生成碘化物；再向混合溶液中加入 $NaIO_3$ 溶液，反應產生 I_2 。寫出此法的最簡整數平衡的離子反應式。

(2) KI 溶液和 $CuSO_4$ 溶液混合可生成 CuI 沉澱和 I_2 ，若生成 1 mole I_2 ，消耗的 KI 至少為幾莫耳？ I_2 在 KI 溶液中可發生反應： $I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$ 。實驗室中使用過量的 KI 與 $CuSO_4$ 溶液反應後，過濾，濾液經水蒸氣蒸餾可製得高純度 I_2 。反應中使用過量 KI 的原因為何？

3. 鹼氯工業是高耗能產業，主要原因在於其電解法生產燒鹼的過程中消耗大量電力。若將電解池與燃料電池串聯，可達到節能的效果，其裝置如下圖所示：



(1) 說明 X 與 Y 分別為何種物質？

(2) 說明 a、b、c 的大小順序為何？

(3) 標準狀態下，產生的 X 與消耗的空气體積比為何？

(4) 若將甲、乙兩池中的陽離子交換膜換成陰離子交換膜，則此裝置將不能運作，原因為何？

4. 將純阿斯匹靈 2.00×10^{-4} mol (即乙醯水楊酸，分子式為 $C_9H_8O_4$) 完全溶解於 15.00 mL 水中，並以 0.100 M $NaOH(aq)$ 水溶液滴定至當量點。

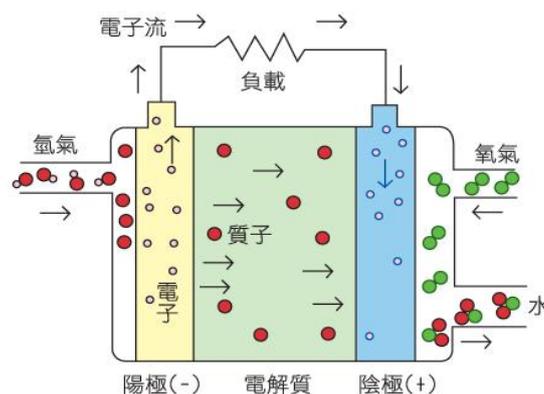
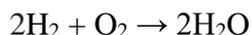
(1) 畫出乙醯水楊酸的結構。

(2) 利用前一小題結構寫出阿斯匹靈滴定反應的全反應式。

(3) 計算達到滴定當量點時需消耗 $NaOH(aq)$ 水溶液的體積。

(4) 阿斯匹靈由水楊酸製備，寫出此反應的反應式。

5. 燃料電池是將化學能轉為電能的裝置，例如氫-氧燃料電池是以氫氣為燃料，氧氣為氧化劑，反應後產生水和釋放電能，其示意圖如右。當氫-氧燃料電池放電時，氫氣在陽極進行氧化反應，氧氣在陰極進行還原反應，其淨反應式如下：



已知下列反應的標準還原電位：



可由式(1)和式(2)計算氫-氧燃料電池的電壓(E_{cell})：

$$E_{\text{cell}} = E^\circ (\text{陰極}) - E^\circ (\text{陽極}) = 1.23 \text{ V} - 0 \text{ V} = 1.23 \text{ V}$$

電池消耗 1 莫耳的氫氣，氫-氧燃料電池可釋放的能量：

$$\begin{aligned} \text{能量} &= E_{\text{cell}} \times \text{電量} \\ &= 1.23 \text{ V} \times (2 \text{ 莫耳} \times 96500 \text{ 庫倫/莫耳}) = 237390 \text{ 焦耳} \approx 237.4 \text{ 仟焦(kJ)} \end{aligned}$$

乙醇燃料電池是以乙醇取代氫作為燃料，氧氣為氧化劑，乙醇氧化產生 CO_2 。乙醇分子式為 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，分子量 = 46.0，可由澱粉經過發酵和蒸餾製得，是屬於較為環保的再生能源。已知下列的標準還原電位：



- (1) 寫出乙醇燃料電池放電時的淨反應式。(2分)
- (2) 乙醇燃料電池產生的電壓是多少伏特？(3分)
- (3) 燃料電池消耗 1 莫耳乙醇可產生多少的能量(kJ)？(2分)
- (4) 有一電動車以燃料電池的電力驅動馬達，若電池提供 20 kW 的功率，馬達能維持 80 km/小時的車速，該電動車由台北開至高雄，路程為 400 km，約需要消耗乙醇多少公斤？
(提示：功 = 功率 × 時間，功率 kW = kJ/s) (3分)

6. 右圖是以一個 9-伏特電池對一杯硝酸鉀溶液進行電解時所拍攝的景照。電解進行時，左、右試管內逐漸出現氣體。根據所述，回答子題(1)~(2)。



(1) 左邊試管所出現的氣體為何？詳述推導邏輯以及所涉及的半反應式，係數以最小整數比表示。無推導邏輯、無平衡半反應式，不予計分。

(2) 若把硝酸鉀溶液全部置換成碘化鉀溶液，再加入數滴酚酞指示劑，重新進行電解，右邊試管內逐漸出現色澤變化。預測其顏色？並詳述推導邏輯以及所涉及的半反應式，係數以最小整數比表示。無推導邏輯、無平衡半反應式，不予計分。