

111年專門職業及技術人員高等考試建築師、
31類科技師（含第二次食品技師）、大地工程
技師考試分階段考試（第二階段考試）
暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試
類 科：環境工程技師
科 目：環境化學與環境微生物學
考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、天然有機物（Natural organic matter, NOM）為天然水體中四處可見的有機物質，在陽光照射下，NOM 會與溶氧反應，產生單一態氧（singlet oxygen, $^1\text{O}_2$ ）， $^1\text{O}_2$ 具相當氧化力，可與水中某些致病菌及有機污染物反應，而達到去除及失活化， $^1\text{O}_2$ 在水中壽命極短，糠醇（furfuryl alcohol, FFA）為常見用於偵測水中 $^1\text{O}_2$ 濃度的化學探針（chemical probe），藉由 $^1\text{O}_2$ 和 FFA 反應，產生 FFA 的降解，即可反推 $^1\text{O}_2$ 的穩態（steady state）濃度，FFA 和 $^1\text{O}_2$ 的反應速率，可由（公式一）表示：

$$\frac{d[\text{FFA}]}{dt} = -k_{\text{FFA}, ^1\text{O}_2} [^1\text{O}_2][\text{FFA}] \quad (\text{公式一})$$

其中 $k_{\text{FFA}, ^1\text{O}_2}$ ($1.2 \times 10^8 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$) 為 FFA 和 $^1\text{O}_2$ 反應的二階速率常數，如 $^1\text{O}_2$ 穩態濃度 ($[^1\text{O}_2]_{\text{ss}}$) 已經定量分析為 $2.0 \times 10^{-10} \text{ M}$ ，將 $[^1\text{O}_2]_{\text{ss}}$ 代入（公式一）之 $[^1\text{O}_2]$ ，可得（公式二）， k_{obs} 是（擬）一階反應速率常數（單位：1/s、1/秒），為 $k_{\text{FFA}, ^1\text{O}_2}$ 和 $[^1\text{O}_2]_{\text{ss}}$ 的乘積：

$$\frac{d[\text{FFA}]}{dt} = -k_{\text{FFA}, ^1\text{O}_2} [^1\text{O}_2]_{\text{ss}} [\text{FFA}] = -k_{\text{obs}} [\text{FFA}] \quad (\text{公式二})$$

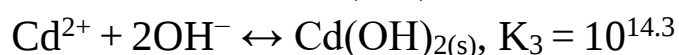
請計算：（15 分）

(一) FFA 在系統中的半衰期（half-life），以秒表示。

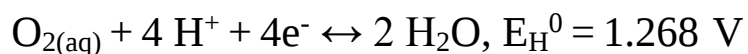
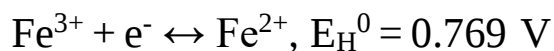
(二) 如一有機污染物 C 在系統中會與 $^1\text{O}_2$ 反應，而 C 與 $^1\text{O}_2$ 反應的二階反應速率常數 ($k_{\text{FFA}, ^1\text{O}_2}$) 為 $2 \times 10^7 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ ，請計算 C 在系統中降解 90% 所需要的時間，以秒表示。

二、蘇打 (Na_2CO_3) 為環工上常用的鹼，如欲中和含 $0.1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ 的酸性廢水至 $\text{pH} = 8.3$ ，請計算蘇打的用量（以 mole/L 表示）。 H_2CO_3 之 $\text{pK}_{\text{a}1} = 6.3$ ， $\text{pK}_{\text{a}2} = 10.3$ 。（10 分）

三、鎘 (Cd) 是對於健康有嚴重負面影響之重金屬，去除廢水中的二價鎘 (Cd^{2+}) 可以利用化學沉澱法，藉由調整 pH 值來去除溶解態鎘，請計算在 $\text{pH}=9.0$ 時，鎘的溶解度，假設水中有過量的 $\text{Cd}(\text{OH})_{2(s)}$ 且已達平衡。請考慮以下反應及平衡常數。(20 分)



四、去除水中鐵常用曝氣法先將二價鐵氧化成三價鐵，假設水中含有 $[\text{Fe}^{3+}] = 10^{-6} \text{ M}$ 和 $[\text{Fe}^{2+}] = 10^{-7} \text{ M}$ ， $\text{pH}=7.0$ ，和空氣接觸後 ($P_{\text{O}_2} = 0.21 \text{ atm}$, $K_{\text{H}} = 0.0013 \text{ M/atm}$)，請問反應是否達平衡？若反應尚未平衡，請問反應進行的方向為何？(15 分)



五、某一地區地下水因為重度的農業活動，而有較高硝酸鹽含量，如果要作為飲用水水源，要如何以生物處理方式處理？請詳述一種處理方法及其原理。(20 分)

六、常見廢水生物處理方法，依照生物生長方式可分為固定式 (fixed-film process) 及懸浮式 (suspended growth)，請說明兩者之優缺點？面對未來永續環境及淨零排碳的目標，如果要設計一個新的民生污水處理程序，你會採用何種方法？請詳述你的處理原理及設計概念。(20 分)