

龍騰文化

113 學年度分科測驗全真模擬試卷

化學考科

請於考試開始鈴響起，在答題卷簽名欄位以正楷簽全名

龍騰化學科編輯小組

【教用卷】

— 作答注意事項 —

考試時間：80 分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答題卷」上作答；更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。
- 除題目另有規定外，非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答題卷」上作答；更正時，可以使用修正帶（液）。
- 考生須依上述規定劃記或作答，若未依規定而導致答案難以辨識或評閱時，恐將影響考生成績。
- 答題卷每人一張，不得要求增補。

選擇題計分方式：

- 單選題：每題有 n 個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項。各題答對者，得該題的分數；答錯、未作答或劃記多於一個選項者，該題以零分計算。
- 多選題：每題有 n 個選項，其中至少有一個是正確的選項。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得該題全部的分數；答錯 k 個選項者，得該題 $\frac{n-2k}{n}$ 的分數；但得分低於零分或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

祝考試順利

版權所有 侵害者必究

第壹部分、選擇題（占 76 分）

一、單選題（占 28 分）

說明：第 1 題至第 7 題，每題 4 分。

1. 已知鹼性強度比較： $\text{CH}_3\text{COO}^- > \text{NO}_2^-$ ，則有關下列反應：

$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HNO}_2$ 之敘述何者錯誤？

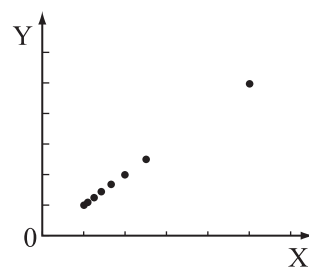
- (A) 與 H^+ 結合的傾向： $\text{CH}_3\text{COO}^- > \text{NO}_2^-$
(B) 酸性強度： $\text{HNO}_2 > \text{CH}_3\text{COOH}$
(C) CH_3COOH 與 NO_2^- 為共軛酸鹼對
(D) 此反應中， CH_3COOH 與 HNO_2 均為酸
(E) 此反應的平衡有利於生成左方的物質。

參考答案：(C)

試題解析：(C) CH_3COOH 與 CH_3COO^- 為共軛酸鹼對

2. 試問下列何者關係呈現如附圖？

		Y 軸	X 軸
(A)	查理定律	氣體的體積	溫度(°C)
(B)	第二週期元素	游離能	原子序
(C)	非揮發性水溶液	沸點上升度數	非電解質溶質重量莫耳濃度
(D)	強鹼滴定強酸	溶液中 pH 值	強鹼使用量
(E)	鹽酸水溶液	溶液中 pH 值	所含氫離子莫耳數



參考答案：(C)

試題解析：圖為正比圖形

- (A) 查理定律：氣體的體積 \propto 絕對溫度(K)，若為攝氏溫度(°C)，則為未通過原點的斜直線
(B) 第二週期元素的游離能隨原子序增大而「鋸齒狀」增加，非正比關係
(C) 非揮發性、非電解質水溶液 $\Delta T_b = K_b \times C_m$ ， $\Delta T_b \propto C_m$
(D) 非正比關係
(E) $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ，pH 和 $[\text{H}^+]$ 非正比關係

3~4 為題組

電影「美國隊長」因為飛機墜機被冷凍了 70 年才解凍，活人要從正常狀態冷凍再解凍，需克服一個最大的困難：細胞水分會形成冰晶，刺破細胞並破壞全身器官。但木蛙(Wood Frog)卻可在零下 18°C 全身結凍，退冰後卻又復活。主因是木蛙的肝會分泌葡萄糖及尿素進入血液，降低凝固點，減少對細胞的傷害。

3. 現有一突變木蛙可以在 -18.6°C 環境中生存，假設血液中只有葡萄糖，請問葡萄糖重量百分濃度最低約為多少？（水之 $K_f = 1.86^\circ\text{C}/\text{m}$ ）

(A)64.3% (B)72.5% (C)78.6% (D)85.4% (E)88.7%。

參考答案：(A)

試題解析： $\Delta T_f = K_f \times C_m \times i$

$$18.6 = 1.86 \times C_m \times 1, C_m = 10(\text{mol/kg}) \Rightarrow 1\text{kg 血液中含有 } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ 10mol,}$$

$$W_t\% = \frac{180 \times 10}{180 \times 10 + 1000} \times 100\% \doteq 64.3\%$$

4. 25°C 時，此突變木蛙的滲透壓應為多少 atm？若將此木蛙的紅血球置入同溫下 40% 食鹽水中，紅血球應產生何種變化？

（假設木蛙血液 $C_M = 11\text{M}$ ， $\text{NaCl} = 58.5$ ，食鹽水的比重 = 1）

(A)150atm，血球萎縮 (B)183atm，血球脹破 (C)190atm，血球脹破
(D)269atm，血球萎縮 (E)244atm，血球脹破。

參考答案：(D)

試題解析： $\pi = iC_MRT$

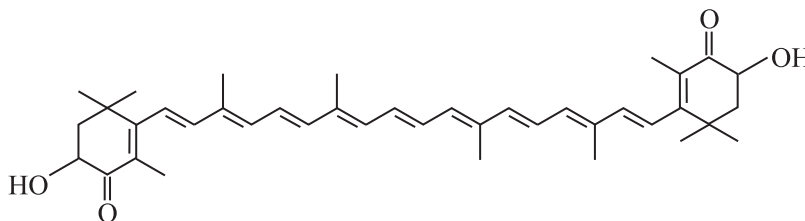
$$\pi_{\text{血球}} = 1 \times 11 \times 0.082 \times (25 + 273) \doteq 269(\text{atm})$$

$$\pi_{\text{食鹽水}} = 2 \times \frac{\left(\frac{40}{58.5}\right)}{0.1} \times 0.082 \times (25 + 273) \doteq 334(\text{atm})$$

故當血球置入食鹽水中，水從血球（ π 小）移入食鹽水（ π 大），故血球萎縮

5. 蝦紅素屬於類胡蘿蔔素，其生化合成過程是：

葉黃素 → 蕃茄紅素 → β -胡蘿蔔素 → 角黃素 → 蝦紅素。蝦子煮熟變紅是因加熱過程中蛋白質被破壞，使原本與蛋白質結合的蝦紅素回到原本的狀態，蝦紅素結構如圖：



下列敘述何者正確？

(A)蝦紅素分子式為 $\text{C}_{40}\text{H}_{50}\text{O}_4$
(B)蝦紅素分子中有共軛雙鍵的結構 (C)蝦紅素分子中有二個苯環
(D)蝦紅素無法和水形成氫鍵 (E)蝦紅素攝取後，可能會慢性中毒。

參考答案：(B)

試題解析：(A) $\text{C}_{40}\text{H}_{52}\text{O}_4$ (C)分子左、右二邊並非苯環 (D)-OH 可和水形成氫鍵
(E)蝦紅素抗氧化力極高，攝取對人體有益

6~7 為題組

國際著名的頂級學術期刊《科學》(Science)，刊載了一篇重要的文章。科學家發現可以透過控制調節植物中的「隱花色素」來控制植物的開花時間，甚至可能讓不會開花的植物開花！隱花色素被發現在許多物種身上，包含細菌、水稻、昆蟲、蝴蝶，甚至連人類也有！隱花色素只吸收藍光（波長 400~500nm），故又稱為「藍光受體」。事實上，它是一種能夠吸收藍光的蛋白質複合體，吸收光子之後，改變了蛋白質的結構，並使蛋白質產生新的功能。

6. 隱花色素主要吸收的藍光為末端波段靠近紫光的部分，若波長為 400 奈米，請問藍光能量約為多少 kJ/mol？

(A)29 (B)298 (C)2980 (D)3200 (E)3500。

參考答案：(B)

試題解析： $E = h\nu = 6.63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} \times 6 \times 10^{23} \times 10^{-3} \div 298(\text{kJ/mol})$

7. 下列何種物質與隱花色素有相同的官能基？

(A)葡萄糖 (B)耐綸 (C)蔗糖 (D)壓克力 (E)聚乙烯。

參考答案：(B)

試題解析：隱花色素為一種蛋白質，故可推測結構中應有「 $\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}\text{—}\overset{\text{I}}{\text{N}}\text{—}$ 」醯胺鍵

- (A)單醣，多羟基醛 (B)單體為己二酸與己二胺，聚醯胺類，有醯胺鍵
(C)雙醣 (D)聚甲基丙烯酸甲酯 (E)單體為乙烯

二、多選題（占 48 分）

說明：第 8 題至第 19 題，每題 4 分。

8. 已知在 1 大氣壓， CO_2 無沸點， CS_2 及 COS 的沸點分別為 46°C 及 -50°C 。下列相關的敘述，哪些正確？

- (A)三個分子均為非極性分子
(B)三個分子均可與水分子形成氫鍵
(C)三個分子內所有的鍵結均具有偶極矩
(D) CS_2 分子間主要的作用力為偶極-偶極力
(E) COS 分子間主要的作用力為偶極-偶極力。

參考答案：(C)(E)

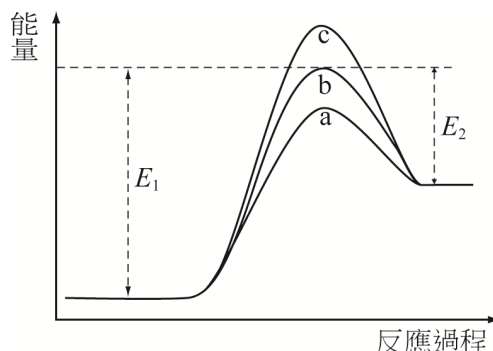
試題解析： $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ 、 $\text{S}=\text{C}=\text{S}$ 、 $\text{O}=\text{C}=\text{S}$

- (A) COS 為極性分子， CO_2 及 CS_2 為非極性分子，三者皆為直線型
(B) CS_2 無法與水形成氫鍵 (C) C—S 與 C—O 皆為極性鍵
(D) CS_2 分子間主要的作用力為分散力

9. 已知反應式： $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{Cu}_2\text{O 光照}} 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, $\Delta H = +484 \text{ kJ}$, 定溫下, 將 0.2 莫耳的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 及奈米級氧化亞銅加入容積為 4 升的密閉容器中, 其反應的時間與氫氣生成量的關係如下表, 則下列有關此反應的敘述, 哪些正確?

時間 (min)	20	40	60	80
氫氣莫耳數	0.004	0.0064	0.008	0.008

- (A) 反應前 20 分鐘, 氧氣生成的平均速率為 10^{-4} M/min
 (B) 達平衡時, 須吸熱 0.968 kJ
 (C) 降低壓力可以提高水蒸氣的分解率
 (D) 附圖 b 途徑為未加催化劑的反應位能圖, a 途徑代表加入奈米級氧化亞銅的位能變化圖
 (E) 承(D), $\Delta H = E_2 - E_1 = +484 \text{ kJ}$ 。



參考答案：(C)(D)

試題解析：(A) $R_{\text{H}_2} = \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = \frac{0.004}{20} = 5 \times 10^{-5} \text{ M/min}$

速率比 = 係數比 $\rightarrow R_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} R_{\text{H}_2} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ M/min}$

(B) 達平衡, 生成 0.008 莫耳的氫氣, 故吸熱為 1.936 kJ

$$\frac{2 \text{ mol}}{0.008 \text{ mol}} = \frac{+484}{x} \Rightarrow x = 1.936$$

(C) 降低壓力使反應傾向於氣體係數和大的的一方移動, 會向右反應, 有利於水蒸氣的分解

(D) 奈米級氧化亞銅為催化劑, 會等量降低正逆反應的活化能, 改變反應途徑為 a 途徑

(E) $\Delta H = E_1 - E_2 = +484 \text{ kJ}$

10. 過氧化氫其實就是雙氧水的成分, 常被食品加工業者添加於豆類加工製品, 但依據食品安全規則在最終產品中不得檢出, 若市售豆干中含有殘存的過氧化氫, 則下列哪些試劑, 可以看到顏色的變化或氣體的產生來做測試?

- (A) 鹽酸溶液 (B) 碘化鉀的澱粉試紙與醋酸 (C) 二鉻酸鉀的酸性溶液
 (D) 酚酞試紙 (E) 氯化亞鐵溶液。

參考答案：(B)(C)(E)

試題解析：(A)(D) 過氧化氫溶於水呈弱酸性, 故酚酞不變色; 且不和鹽酸反應

(B) $2\text{I}^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, 產生的 I_2 使澱粉試紙變藍色

(C) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{O}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$, 顏色由橙色變為綠色, 並產生氣泡

(E) 亞鐵離子為催化劑, 可使雙氧水產生自身氧化還原反應,



11. 一混合物中有 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 及 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，今取一定量的混合物配成 100.00 mL 的溶液，再量取其中的 20.00 mL 以 3.00 M 的 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 滴定，需要 20.00 mL 才可達滴定終點。另再取同濃度 20.00 mL 的溶液以 2.00 M 的 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 滴定，需要 10.00 mL 才可達滴定終點，則下列敘述，哪些正確？

- (A) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的莫耳數比為 3 : 2
(B) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的濃度為 1.50 M
(C) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的莫耳數為 0.10 mol
(D) 以 2.00 M 的 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 滴定，達滴定終點時，會產生 0.50 mol 的 $\text{CO}_2(\text{g})$
(E) 此氧化還原反應須滴加指示劑。

參考答案：(B)(C)(D)

試題解析：設 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 與 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的莫耳數分別為 x 和 y ，則

(i) 可與 NaOH 反應只有 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

故酸鹼中和達滴定終點時，氫離子莫耳數 = 氫氧離子莫耳數，

即 $a \times n_{\text{酸}} = b \times C_{\text{M 鹼}} \times V_{\text{鹼}}$

$$\Rightarrow 2 \times y \times \frac{20.00}{100.00} = 1 \times 3.00 \times \frac{20.00}{1000} \quad \therefore y = 0.150, \text{ 故 } [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = \frac{0.150}{0.100} = 1.50 \text{ M}$$

(ii) 可與 MnO_4^- 反應的有 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 與 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

已知 $2\text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} (\text{aq}) + 16\text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 10\text{CO}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

由 MnO_4^- 得到電子莫耳數 = $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 失去電子莫耳數

$$\Rightarrow 2.00 \times \frac{10.00}{1000} \times 5 = (x + y) \times \frac{20.00}{100.00} \times 2$$

$$\Rightarrow x + y = 0.250, \text{ 又 } y = 0.150 \quad \therefore x = 0.100$$

(A) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的莫耳數比 = $0.100 : 0.150 = 2 : 3$

(E) 反應滴定至紫色不消失時即為滴定終點，故不需要再加指示劑

12. 有甲、乙、丙、丁及戊五種未知有機物，只知道為乙醚、甲酸、丙酮、丙醛及乙醇，學生為了分辨是哪種物質，完成了以下的實驗：(發生反應以「+」標記；反之，以「-」標記)

	甲	乙	丙	丁	戊
鈉	-	+	-	+	-
硝酸銀的氨水溶液	+	-	-	+	-
二鉻酸鉀的酸性溶液	+	+	-	+	-
與水的溶解度	微溶	完全互溶	完全互溶	完全互溶	分為兩層，不與水互溶

下列有關此實驗的判斷，哪些正確？

- (A) 甲為五種物質中沸點最低者
(B) 乙具有分子間氫鍵
(C) 丙可用於萃取咖啡因
(D) 丁為甲酸
(E) 戊的化學式為 CH_3OCH_3 。

參考答案：(B)(D)

試題解析：硝酸銀的氨水溶液即為多倫試劑。

(E)乙醚的化學式為 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$

$$\begin{array}{ccccccccccc} \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} \\ \parallel & & \parallel & & \parallel & & \parallel & & \parallel & & \parallel \\ -\text{NH}-\text{CH}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{C}- & & & & & & & & & & \\ | & & | & & | & & | & & | & & | \\ \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{H} & & \text{CH}_2 & & \text{H} & & \text{CH}_2 \\ & & & & & & | & & & & | \\ & & & & & & \text{C} & & & & \text{SH} \\ & & & & & & / \quad \backslash & & & & \\ & & & & & & \text{HO} \quad \text{O} & & & & \end{array}$$

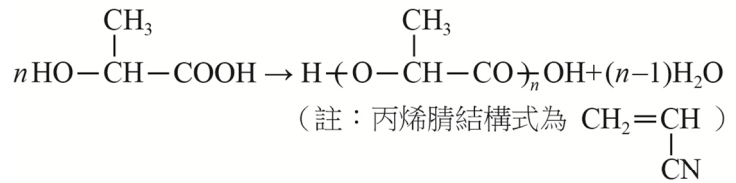
- 試題解析：(A) 5 個胺基酸，但僅有 4 種



- (C) $\text{NH}_2-\text{CH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{CH}_2$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{C}=\text{O}$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{HO}-$
- (天門冬胺酸) 具有 2 個羧基，為二質子酸

- (D)蛋白質遇到鹼會變性，肥皂屬於弱鹼性，不適合於洗滌含蛋白質的衣料。

14. 3D 印表機近年來在媒體報導下，逐漸吸引了大眾目光，其中存在著多種技術及不同的使用材料。常見的有熔融沉積式(FDM)，原理是將材料加熱至某溫度後，在半熔融態下，把材料擠到平面基座上塑形，再回復成固態，如此反覆堆疊，最後印成立體形式。而此類原理使用的材料為 ABS（以丁二烯、苯乙烯及丙烯腈為單體）和 PLA（由玉米澱粉、甘蔗糖和秸桿萃取的纖維素，經發酵脫水製得的乳酸聚合，結構如圖）試比較這兩種材料的差異，下列哪些正確？



- (A)PLA 中的主要官能基為酯基
(B)兩者皆為熱塑型塑膠
(C)兩者皆為縮合聚合物
(D)PLA 為加成聚合物，ABS 為縮合聚合物
(E)ABS 的聚合物結構為 $\text{H}_2\text{C}-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\underset{|}{\text{CH}}}$ 。



參考答案：(A)(B)

試題解析：(A)PLA 結構中為 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}-$ ，為酯基

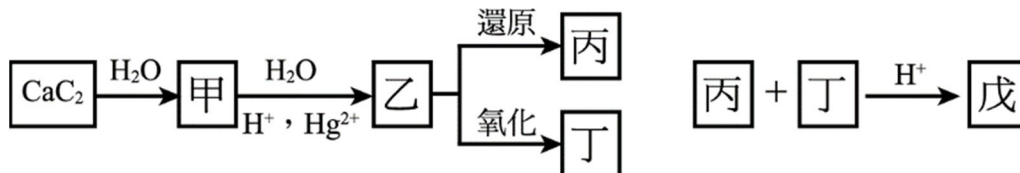
(B)題目中所使用的材料加熱至某溫度後，在半熔融態下，將材料擠在平面基座上塑形後回復成固態，故屬於熱塑型塑膠

(C)(D)PLA 為縮合聚合物，ABS 為加成聚合物

(E)ABS 的結構為 $\text{H}_2\text{C}-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\underset{|}{\text{CH}}}$



15. 碳化鈣加水後得到氣體甲；將甲與水在適當條件下進行加成反應，可得到乙；乙經還原反應可得到丙；若乙被氧化則可得到丁；丙與丁在酸催化下，會脫水而得到戊。各步驟的反應流程如圖所示。

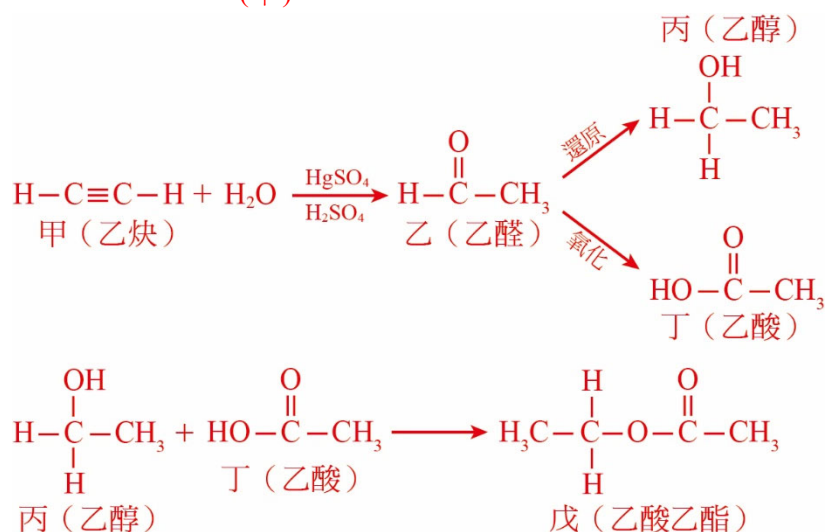


下列對各產物的敘述，哪些正確？

- (A)甲為乙炔 (B)乙為乙烯 (C)丙為乙醛 (D)丁為乙酸 (E)戊為乙酸乙酯。

參考答案：(A)(D)(E)

試題解析： $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$
(甲)



16. 在 1000 K 時，反應： $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 的平衡常數 $K_p = 190 \text{ mmHg}$ ，今於一 8.2 升真空容器內充入下列各項物質，溫度保持 1000 K，則下列各種條件下，物系中 CO_2 之壓力說明，哪些正確？(Ca=40)
- (A) 加入 1 克 CaCO_3 時，容器中的 CO_2 壓力為 76 mmHg
- (B) 加入 2 克 CaCO_3 及 0.44 克 CO_2 ，容器中的 CO_2 壓力為 190 mmHg
- (C) 加入 0.44 克 CO_2 及 0.56 克 CaO ，容器中的 CO_2 壓力為 190 mmHg
- (D) 加入 4.4 克 CO_2 及 5.6 克 CaO ，容器中的 CO_2 壓力為 190 mmHg
- (E) 加入 2.5 克 CaCO_3 及 1.1 克 CO_2 ，容器中的 CO_2 壓力為 380 mmHg。

參考答案：(A)(B)(D)

試題解析： $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad K_p = 190 \text{ mmHg} = P_{\text{CO}_2}$ ，

且 CaCO_3 式量 = 100； CO_2 式量 = 56

$$\text{利用 } PV = nRT \Rightarrow \frac{(190)}{(760)} \times 8.2 = n \times 0.082 \times 1000 \Rightarrow n = 0.025(\text{mol})$$

$$(A) \frac{1}{100} = 0.01(\text{mol}), \text{ 完全反應成 } \text{CO}_2 \Rightarrow \frac{P_{\text{CO}_2}}{(760)} \times 8.2 = 0.01 \times 0.082 \times 1000$$

$$\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = 76 \text{ mmHg}$$

$$(B) \frac{2}{100} = 0.02(\text{mol}), \frac{0.44}{44} = 0.01(\text{mol}), 0.02 + 0.01 > 0.025$$

$$\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = 190 \text{ mmHg}$$

$$(C) P_{\text{CO}_2} = 76 \text{ mmHg}$$

$$(D) \text{CO}_2 \text{ 莫耳數} = \frac{4.4}{44} = 0.1(\text{mol}); \text{CaO 莫耳數} = \frac{5.6}{56} = 0.1(\text{mol})$$

$\therefore \text{CO}_2 \text{ 莫耳數} = 0.1 \text{ mol} > 0.025 \text{ mol}$ ，且 $\text{CaO 莫耳數} = 0.1 \text{ mol} > 0.025 \text{ mol}$

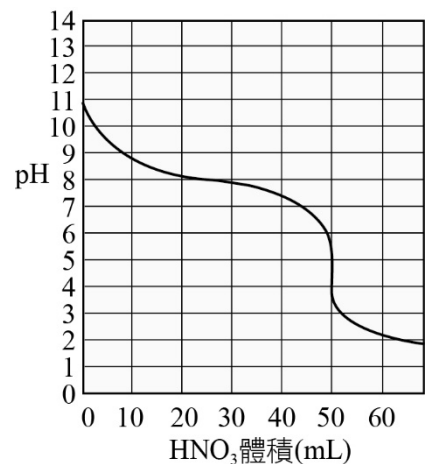
\therefore 反應可向左移動至達平衡為止， $P_{\text{CO}_2} = 190 \text{ mmHg}$

$$(E) \frac{1.1}{44} = 0.025(\text{mol}) \text{ mmHg} \Rightarrow P_{\text{CO}_2} = 190 \text{ mmHg}$$

17. 在定溫下，以 0.10 M 的 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 滴定 50 mL 未知濃度的 $\text{NaX}(\text{aq})$ ，需 50 mL $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 方達當量點。由滴定曲線圖得知當滴入 25 mL $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 時，pH 值為 8。

下列關於此滴定實驗，哪些敘述正確？

- (A) $[\text{NaX}] = 0.10 \text{ M}$
 (B) 酚酞適合作為此滴定的指示劑
 (C) 加入 60.0 mL 的 $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 後，溶液的 $[\text{H}^+]$ 約為 $9.1 \times 10^{-3} \text{ M}$
 (D) X^- 的 $K_b = 10^{-8}$
 (E) HX 的 $K_a = 10^{-8}$ 。



參考答案：(A)(C)(E)

試題解析：(B) 達當量點時，溶液呈酸性，所以適用酸性變色的指示劑，如甲基橙

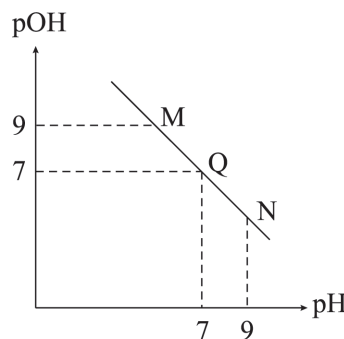
(D) 已知達半當量點時， $[\text{X}^-] = [\text{HX}]$ ，此時 $\text{pH} = 8$ ， $\text{pOH} = 14 - 8 = 6$

$$\therefore \text{X}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HX} + \text{OH}^- \quad K_b = \frac{[\text{HX}][\text{OH}^-]}{[\text{X}^-]} = [\text{OH}^-] = 10^{-6}$$

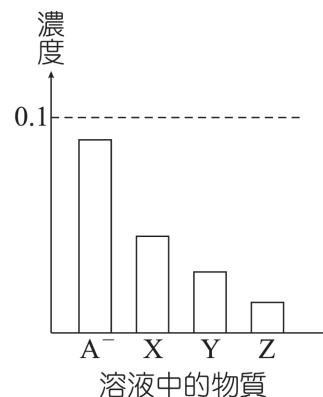
$$\text{(E) HX} \quad K_a = \frac{K_w}{\text{X}^- \text{ 的 } K_b} = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8}$$

18. 為測量某一元酸 HA 的酸鹼強弱，室溫下，將 0.2 M 的 HA 50 mL，以同濃度的 NaOH 溶液滴定，滴定過程中 pH 與 pOH 的變化如圖一，其中 M 點的 NaOH 體積為 25 mL，又當滴定至 50 mL 時，溶液中部分物質濃度的分布圖，如圖二，依據此兩張圖形的結果，下列敘述哪些正確？

- (A) HA 應為弱酸
 (B) 滴定達當量點時，為圖一的 Q 點
 (C) 圖一的 N 點可作為緩衝溶液
 (D) 圖二的 X 應為 HA ，Y 應為 OH^- ，Z 應為 H^+
 (E) 此 HA 的 K_a 為 10^{-5} 。



圖一



圖二

參考答案：(A)(E)

試題解析：(A) 達當量點時，

$$n_{\text{H}^+} = n_{\text{OH}^-}, 0.2 \times 50 \times 1 = 0.2 \times V_{\text{NaOH}} \times 1 \rightarrow V_{\text{NaOH}} = 50 \text{ mL}$$

產生的 $[\text{NaA}] = \frac{0.2 \times 50}{50 + 50} = 0.1 \text{ M}$ ，又 $[\text{A}^-] < 0.1 \text{ M}$ ，表示產生水解，故 HA 為弱酸

(B) 強鹼弱酸的滴定，達當量點時，為弱鹼性，而 Q 的 $\text{pH} = \text{pOH}$ 表示為中性，非當量點

(C) 由於 Q 點還未達當量點，表示 M 點應為強鹼少弱酸多的狀態，產生弱酸與弱酸鹽，可作為緩衝溶液；N 點為當量點，不可作為緩衝溶液

(D) $\text{A}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HA} + \text{OH}^-$ ，並考慮水的解離，

溶液中各物質的濃度大小應為 $[\text{Na}^+] > [\text{A}^-] > [\text{OH}^-] > [\text{HA}] > [\text{H}^+]$ ，

故 X 為 OH^- ，Y 為 HA，Z 為 H^+

(E)M 點為滴定 25 mL 之處，恰為半當量點，

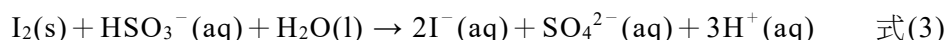
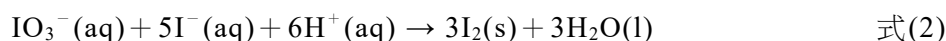
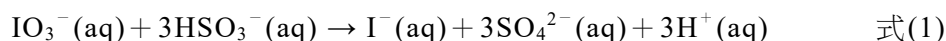
$$\text{故 } \text{pH} = \text{p}K_a = 14 - \text{pOH} = 14 - 9 = 5, K_a = 10^{-5}$$

19. 在測量反應速率的秒錶反應實驗中，準備的兩個反應溶液如下：

溶液 A：碘酸鉀 (KIO_3)

溶液 B：亞硫酸氫鈉 (NaHSO_3)、硫酸、澱粉

實驗中相關的離子反應式如下：



下列敘述，哪些正確？

(A)當溶液 A 與溶液 B 混合時，要盡量避免搖晃混合溶液，以免干擾反應速率的測量

(B)本實驗所測量的是式(1)中亞硫酸氫根離子之消耗速率

(C)當溶液 A 與溶液 B 混合後，碘酸鉀的濃度恰等於亞硫酸氫鈉濃度的三分之一時，就可觀察到溶液的變色

(D)反應終點的溶液顏色為深藍色

(E)溶液變色的時間，會隨著反應溫度的升高而變短，若要觀察更快速的顏色變化，可將溶液加熱至 80°C 。

參考答案：(B)(D)

試題解析：秒錶反應的基本原理：

I. A、B 溶液混合，藉生成的碘與澱粉形成藍黑色的碘－澱粉錯合物，測量亞硫酸氫根離子之消耗速率。

II. 式(1)反應慢，式(2)反應稍快，式(3)反應較快。

式(1)生成的 $\text{I}^- (\text{aq})$ 與未反應完的 $\text{IO}_3^- (\text{aq})$ 進行式(2)的較快速反應，生成的碘與澱粉形成藍黑色。

III. 若式(1)的 $\text{HSO}_3^- (\text{aq})$ 過量，則式(2)生成的碘立即被 $\text{HSO}_3^- (\text{aq})$ 還原成 $\text{I}^- (\text{aq})$ ，無法變成藍黑色。

IV. 欲觀察到溶液變成藍黑色，則須控制式(1)反應物的比例： $\frac{n_{\text{IO}_3^-}}{n_{\text{HSO}_3^-}} > \frac{1}{3}$ 。

(A)錯誤。A、B 溶液混合，須搖晃混合溶液，使反應物充分混合均勻反應，以免干擾反應速率的測量

(B)正確。式(1)中 $\text{HSO}_3^- (\text{aq})$ 為限量試劑，當 $\text{HSO}_3^- (\text{aq})$ 消耗完畢，生成的碘立即與澱粉形成藍黑色，藉以測量 $\text{HSO}_3^- (\text{aq})$ 的消失速率

(C)錯誤。 $\frac{n_{\text{IO}_3^-}}{n_{\text{HSO}_3^-}} > \frac{1}{3}$ ，溶液才會變成藍黑色

(D)正確。式(2)的產物碘與澱粉形成藍黑色的碘－澱粉錯合物

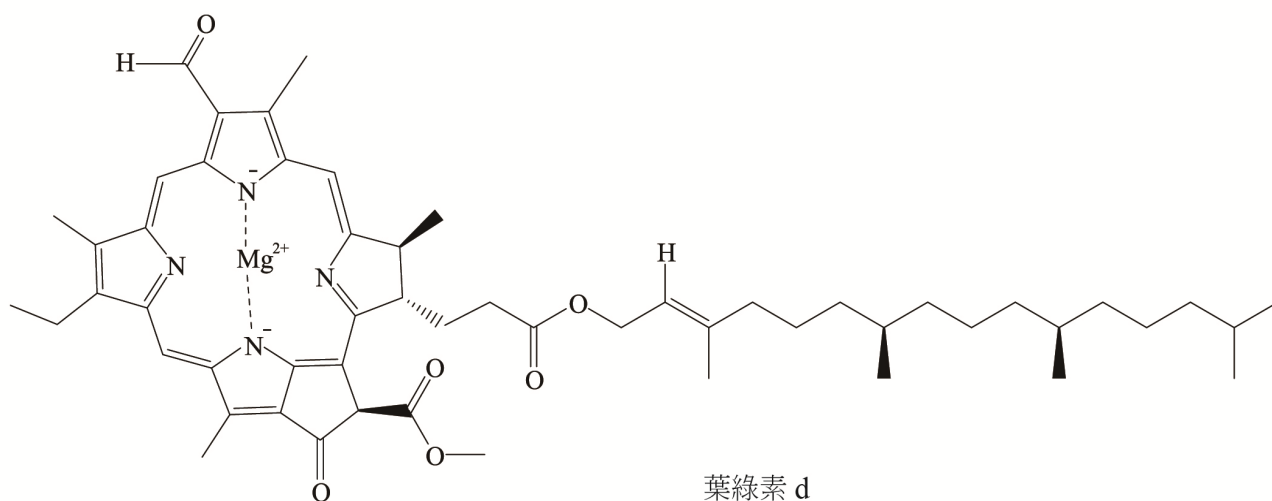
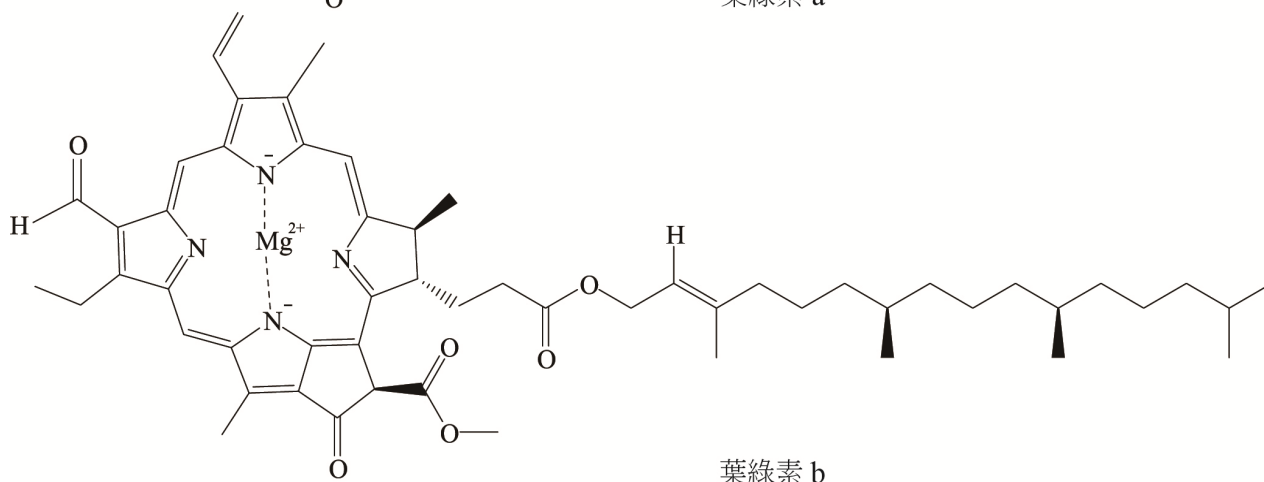
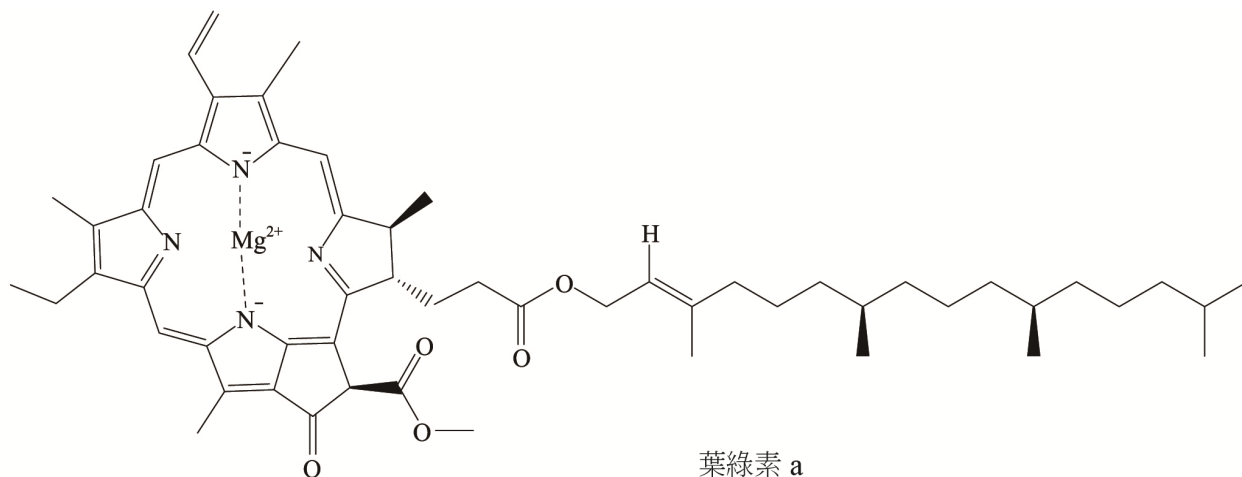
(E)錯誤。溫度太高，藍黑色的碘－澱粉錯合物的結構不穩定，造成測量時間的誤差，故溫度宜控制在室溫附近

第貳部分、混合題或非選擇題（占 24 分）

說明：本部分共有 4 題組，選擇題每題 2 分，非選擇題配分標於題末。限在答題卷標示題號的作答區內作答。選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。非選擇題請由左而右橫式書寫，作答時必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。

20~22 題為題組

葉綠素是存在於植物、藻類和藍藻中的光合色素，其結構為二氫卟吩色素，結構與卟啉色素（如血紅素）類似，在二氫卟吩環的中央有一個鎂離子。葉綠素的分子內有多個側鏈，通常包含一個長碳鏈的植基，附圖是自然界中常見的幾種葉綠素。



其中，葉綠素 a、b、d 的化學式分別為 $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ 、 $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ 、 $C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$ ，三者皆難溶於水，但可溶於有機溶劑中，如乙醇、丙酮、乙醚及氯仿等。天然葉綠素可由菠菜或乾燥的蠶糞便中提煉出來，在鹼性的氫氧化鈉甲醇溶液中進行皂化反應。再進行銅化反應，其過程是將葉綠素上的植基移除並打開同環素產生羧酸鈉鹽，最後利用酸性的硫酸銅溶液將葉綠素上的鎂離子取代成銅離子，產生銅葉綠素鈉。

銅葉綠素為脂溶性，但銅葉綠素鈉為水溶性，可在 $100^{\circ}C$ 下煮沸使其結構逐漸被破壞。為了保障民眾的健康，以銅溶出的量作為銅葉綠素鈉管制的標準，而世界衛生組織建議每人每日最大容許攝取量為 15 毫克／每公斤體重。若是添加在食品中，如口香糖、泡泡糖等，容許添加的上限濃度是 0.04 克／每公斤以下，而膠囊狀或錠狀食品則為 0.5 克／每公斤以下。

20. 下列哪一個物質不含有螯合物？

- (A)血紅素 (B)赤血鹽 (C)葉綠素 (D)銅葉綠素 (E)銅葉綠素鈉。

參考答案：(B)

試題解析：(B)赤血鹽的化學式為 $K_3[Fe(CN)_6]$ 屬於錯合物，溶於水會形成 $3K^+ + [Fe(CN)_6]^{3-}$ ，但不為螯合物

21. 銅綠為鹼性物質其化學式為 $Cu_2(OH)_2CO_3$ ，熔點為 $220^{\circ}C$ 。銅綠不溶於水和乙醇，但會因溶解於氨水、氰化物、銨鹽和鹼金屬碳酸鹽等水溶液中，而形成錯合物。

下列有關葉綠素與銅綠的敘述，哪些正確？

- (A)葉綠素為含銅離子的天然錯合物 (B)銅綠為銅氧化後所得的天然錯合物
(C)銅綠含銅離子，故銅離子溶於水中為綠色 (D)葉綠素難溶於水，但可溶在油中
(E)銅綠可溶於強酸溶液中。

參考答案：(D)(E)

試題解析：(A)葉綠素為含鎂離子的天然錯合物

(B)銅綠大部分為鹼式硫酸銅或鹼式碳酸銅，其中鹼式碳酸銅可視為氫氧化銅合一或二個碳酸銅，前者的化學式為 $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$ ，皆不為錯合物

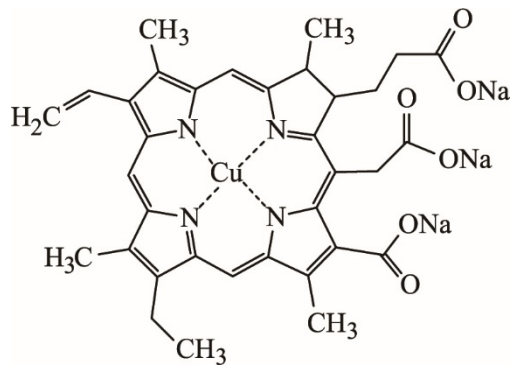
(C)水溶液中的銅離子為藍色

(E)銅綠為鹼性，可溶於強酸中

22. 銅葉綠素鈉是食品著色劑，其結構如附圖所示。

請根據附圖寫出中心金屬離子及配位數。(2 分)

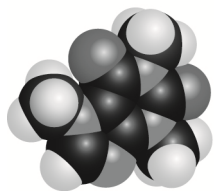
參考答案：中心金屬離子： Cu^{2+} ，配位數：4



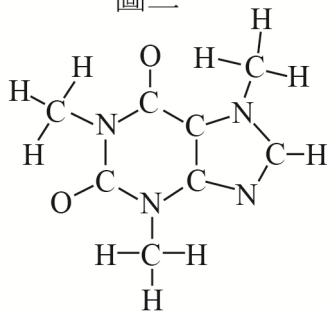
23~25 題為題組

咖啡因是一種中樞神經興奮劑，能暫時地驅走睡意並恢復精力，所以人們在從事思考、閱讀、會議等腦力勞動時，常選擇有咖啡因成分的咖啡、茶、軟性飲料及能量飲料來提神。圖一為經由電腦計算所得的咖啡因填充模型，而圖二為未完成的路易斯結構，試回答下列問題：

圖一

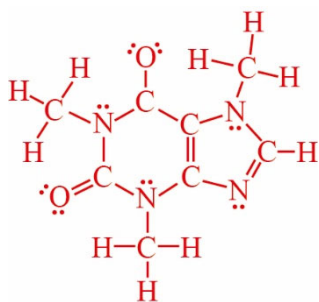


圖二



23. 根據鍵結理論，完成咖啡因的路易斯結構（含孤電子對）。（2 分）

試題解析：



24. 此分子中有多少個 C 是以 sp^2 混成軌域鍵結？

(A)4 (B)5 (C)6 (D)7 (E)8。

參考答案：(B)

試題解析：環上的 C 都屬於 3 個斥力點的情形，故有 5 個 C 為 sp^2 混成。

25. 此分子中有多少個 C—N 鍵是利用 C 的 sp^3 混成軌域與 N 的 sp^3 混成軌域重疊而產生？

(A)3 (B)4 (C)5 (D)6 (E)7。

參考答案：(A)

試題解析：環外面的 3 個 C 則是 4 個斥力點的情形，均是 sp^3 混成，而和這 3 個 C 鍵結的 N，均是 4 個斥力點的情形，亦是 sp^3 混成，故有 3 個 C—N 鍵為 sp^3-sp^3 重疊產生。

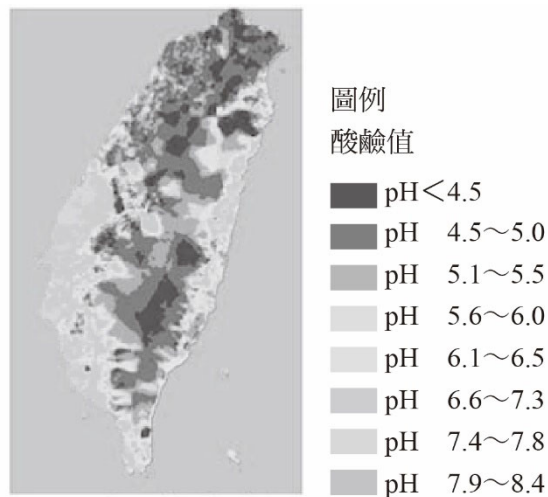
26~28 題為題組

許多農民栽種植物時，往往只注意到病蟲害與肥料使用，卻忽略土壤的維護。不同的植栽都有它們適合生長的 pH 值。在臺灣，由於天候及密集施肥等因素，導致高達 70% 的土壤屬於酸性，使得調整土壤酸鹼質，成為農業發展的當務之急。

植物的生長最重要的三種元素為：氮(N)、磷(P)與鉀(K)，這三者也是化學肥料的主要成分。以磷元素為例，其既可被植物用來合成核酸，也可促使開花與結果。值得注意的是，在鹼性土壤中，磷酸根(PO_4^{3-})很容易與鈣離子(Ca^{2+})反應，形成難溶的磷酸鈣，而不利於植物的吸收。

若土壤變酸，會影響到金屬離子的存在形式，不只影響到植物本身，更會造成肥料的使用率下降。隨著土壤越來越酸，鋁、鐵氧化物溶解越多，土壤中的鋁、鐵離子越多，因其易與磷酸根形成磷酸鋁、磷酸鐵沉澱，降低了土壤中無機磷的溶解度，使得這些養分越來越難被植物吸收。

綜上所述，當土壤的 pH 值沒有受到良好的控制，農民施用的肥料便會僅有少部分被植物吸收使用，結果是不只提高農業成本，那些殘餘的肥料停留在土壤中，使得土壤的 pH 值再發生變化，就更不容易維護土壤的品質了。



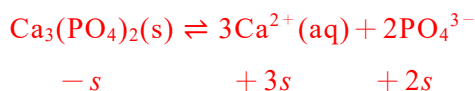
▲2015年臺灣表層土壤酸鹼值分布圖
(資料來源：行政院農委會)

26. 在鹼性土壤中，磷酸根(PO_4^{3-})很容易與鈣離子(Ca^{2+})反應，形成難溶的磷酸鈣。

已知磷酸鈣($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)在 25°C 的 $K_{\text{sp}} = 2.1 \times 10^{-33}$ ，則飽和的磷酸鈣水溶液中鈣離子的濃度約為多少 M？($\sqrt[3]{1.94} \doteq 1.1$) (2 分)

參考答案： $3.3 \times 10^{-7} \text{M}$

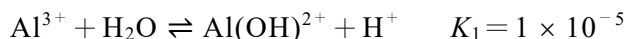
試題解析：



$$K_{\text{sp}} = (3s)^3 \times (2s)^2 = 2.1 \times 10^{-33}, \quad 108s^5 = 2.1 \times 10^{-33}$$

$$s = 1.1 \times 10^{-7}, \quad [\text{Ca}^{2+}] = 3s = 3.3 \times 10^{-7}$$

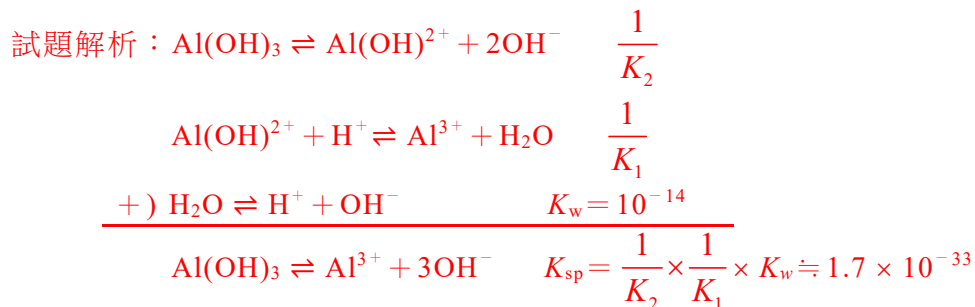
27. 已知 25°C 時，以下反應式之平衡常數：



試根據上述資料計算 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 在 1 M NaOH 中的溶解度。(25°C 時， $K_w = 10^{-14}$)

(2 分)

參考答案： $1.7 \times 10^{-33}(\text{M})$



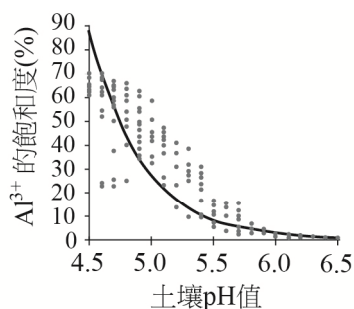
$\text{Al}(\text{OH})_3$ 在 1 M NaOH 中的溶解度：



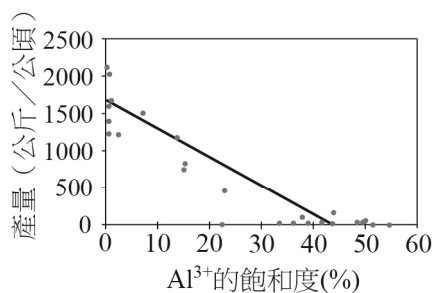
$$-s \quad +s \quad (1+3s)$$

$$K_{sp} = s \times (1+3s)^3 \doteq s \times 1^3 = 1.7 \times 10^{-33}, s = 1.7 \times 10^{-33}$$

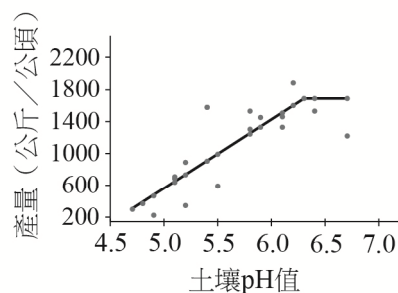
28. 美國某研究團隊針對土壤中鋁離子(Al^{3+})的飽和度與土壤 pH 值對於冬季小麥產量的影響進行長時間的研究與探討，以下三張附圖(圖一～圖三)為其實驗結果，圖形中的各點均為單次實驗數據與結果，並透過統計方法繪出圖形上之線段。試根據圖三分析此冬季小麥產量最大值的 pH 值為多少？並將答案與圖二比較，是否符合產量與土壤中 Al^{3+} 的飽和度的關係？並簡單描述你的理由。(2 分)



圖一：土壤中 Al^{3+} 的飽和度與土壤 pH 值之關係圖



圖二：冬季小麥產量與土壤中 Al^{3+} 的飽和度之關係圖



圖三：冬季小麥產量與土壤 pH 值之關係圖

參考答案：pH 值應大於 6.3

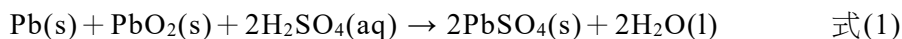
試題解析：從圖三可知，要使得冬季小麥產量最大值，土壤 pH 值應大於 6.3。

再透過圖一可知，土壤 pH 值大於 6.3 時，土壤中 Al^{3+} 的飽和度接近 0%，而圖二也表示當土壤中 Al^{3+} 的飽和度接近 0% 時，冬季小麥產量有最大值，因此實驗結果互相符合。

29~31 題為題組

現代的社會強調「資源可持續回復，循環再生」的循環經濟。鉛蓄電池因使用量非常龐大，環保署公告 2020 年回收的廢鉛蓄電池總處理量高達 6 萬多公噸。而廢鉛蓄電池中主要含金屬鉛 (Pb)、氧化鉛 (PbO)、二氧化鉛 (PbO₂)、硫酸鉛 (PbSO₄)。某研究團隊設計以下流程，可從廢鉛蓄電池中提煉高純度的 PbO。

I. 將含有廢鉛蓄電池的廢料、濃度 2.0 M 的 H₂SO₄、0.1 M 的 FeSO₄ (在溶液中解離成 Fe²⁺ 和 SO₄²⁻) 溶液的混合物在 65°C 進行反應，所產生的 PbSO₄ 可以式(1)表示：



II. 將實驗 I 的 PbSO₄ 粗產物溶於 10% NaOH 溶液，加熱，並趁熱過濾；待濾液冷卻至室溫後，過濾並收集含 PbO 的粗產物。

III. 將實驗 II 的 PbO 粗產物置於 35% NaOH 溶液中，在 110°C 下攪拌至完全溶解後趁熱過濾，靜置濾液使其冷卻至室溫，可得高純度的黃色物質即為 PbO。

該研究團隊為探究 Fe²⁺ 在實驗 I 中扮演的角色，利用鐵離子會與 SCN⁻ 產生錯合物的特性，又進行以下兩個實驗：

IV. 65°C 時，於 2.0 M 的 H₂SO₄ 與 0.1 M 的 FeSO₄ 的水溶液中加入適量 KSCN 水溶液後，溶液幾乎無色；但是若加入少量 PbO₂ 後，溶液呈紅色，並有白色 PbSO₄ 固體產生。

V. 取出實驗 IV 的紅色溶液置於另一試管；在 65°C 時，加入鉛粉，溶液又變成幾乎無色，且有白色 PbSO₄ 固體產生。

回答下列問題：

29. 實驗 III 使用何種純化技術提煉 PbO？(2 分)

30. 寫出實驗 IV 中，溶液呈紅色的原因為何？(2 分)

31. 分別寫出實驗 IV 與 V 中生成 PbSO₄ 的淨離子平衡反應式。(2 分)

試題解析：

29. 由題幹的流程 III.，可知此為結晶/再結晶的實驗流程與步驟。

30. 由 IV. $\text{Fe}^{2+} + \text{SCN}^- \rightarrow \text{no reaction}$

加入少量的 PbO₂，溶液呈紅色⇒判定有 [FeSCN²⁺] 生成

Fe³⁺ 鐵離子可以與 SCN⁻ 硫氰根反應生成 [FeSCN²⁺] 的血紅色溶液

31. 則 PbO₂ 可使 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$

V. 在 65°C 加入鉛粉變成無色溶液，且生成 PbSO₄↓

推測反應為 $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$ ， $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

反應式如下：



或

