

財團法人大學入學考試中心基金會

111學年度分科測驗試題

化學考科

—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，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 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，可以使用修正液（帶）。
- 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，恐將影響成績並損及權益。
- 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。

參考資料

說明：下列資料，可供回答問題之參考

一、元素週期表（1~36 號元素）

1 H 1.0																2 He 4.0	
3 Li 6.9	4 Be 9.0											5 B 10.8	6 C 12.0	7 N 14.0	8 O 16.0	9 F 19.0	10 Ne 20.2
11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 40.0
19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.8	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8

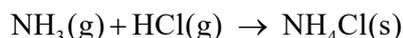
二、理想氣體常數 $R = 0.0820 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} = 8.31 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

第壹部分、選擇題（占76分）

一、單選題（占28分）

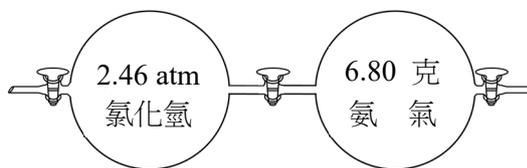
說明：第1題至第7題，每題4分。

1. 已知氨氣與氯化氫反應後，可生成固體的產物，其反應式如下：



假設有一裝置容器，左、右各是 2.00 公升的球體，中間有一個氣體閥門（如圖 1）。在 27°C，先將中間的氣體閥門關起來，在右邊球體內裝入 6.80 克的氨氣，在左邊球體裝入 2.46 atm 的氯化氫氣體。置入氣體後，將左、右氣體閥門關閉，再將中間氣體閥門打開，使左、右氣體完全混合且反應完全。假設氨氣和氯化氫氣體皆為理想氣體，且反應前後溫度不變，生成的固體體積可忽略。上述實驗後，容器內所剩的氣體與其壓力為何？

- (A) 1.23 atm 的氨氣
- (B) 2.46 atm 的氨氣
- (C) 3.69 atm 的氨氣
- (D) 1.23 atm 的氯化氫
- (E) 2.46 atm 的氯化氫



2. 在溫度 1000 K 下，已知反應式 $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ，其反應速率常數為 0.76 s^{-1} 。在此溫度下，若將 1.0 莫耳 $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ 注入 5.0 公升的真空容器內，則 N_2O 的初始反應速率是多少 (M/s)？

- (A) 7.60×10^{-1}
- (B) 1.52×10^{-1}
- (C) 3.04×10^{-2}
- (D) 6.08×10^{-2}
- (E) 6.08×10^{-3}

3-4 題為題組

實驗課時進行電解濃食鹽水的實驗，實驗設計是以碳棒做為電極。大部分的學生實驗結果如圖 2 所示，陰極與陽極皆會產生氣體，且甲管與乙管的液面高度大致相同。

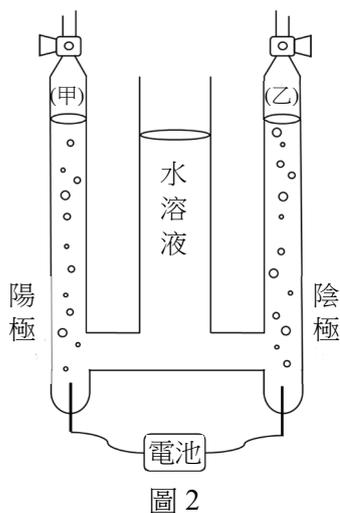


表 1

半反應式	E° (V)
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.229
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0.936
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	0.80
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.36
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0.80

但是，有五組的學生誤將其他鹽類當成食鹽配成水溶液進行電解實驗。誤拿的五種鹽類，事後發現應為亞硫酸鈉、硝酸銀、氯化鉀、硫酸鎂、硝酸鈉。學生找資料查到可能相關的標準還原電位數據，如表 1 所示。根據以上結果，回答下列問題。

- 在大部分學生正確使用濃食鹽水的結果中，甲管的氣體應為下列何者？
(A) 氫氣 (B) 氧氣 (C) 氮氣 (D) 氯氣 (E) 二氧化氮
- 五組拿錯鹽類的學生中，有兩組學生很快就發現不對，因為在兩個集氣管中，有一管一直都沒有氣體產生，則他們所使用的鹽類分別為何？
(A) 亞硫酸鈉、硝酸銀 (B) 硝酸銀、氯化鉀 (C) 氯化鉀、硫酸鎂
(D) 硫酸鎂、硝酸鈉 (E) 硝酸鈉、亞硫酸鈉

5-6 題為題組

甲、乙、丙、丁為四種具有孔洞的特殊大分子，其孔洞的內部可以吸附氣體。已知其莫耳質量分別為 1000、1100、1200、1300 (g/mol)，均具有單一孔洞且孔洞內總體積相同，但孔洞的口徑大小不同。氣態物質可經由孔洞進入這些特殊大分子內滯留，因此它們具有儲存氣體的特性。在同溫 (200°C)、同壓下， H_2 、He、Ne、Ar 及 Kr 進入甲、乙、丙、丁的莫耳數比例不同，其平衡常數 K 如表 2 所示。以氫氣進入甲分子的平衡常數為例，可表示如下：



$n_{H_2 @ \text{甲}}$ ：含 H_2 分子的甲之莫耳數， $n_{\text{甲}}$ ：未含 H_2 分子 (空) 的甲之莫耳數， P_{H_2} ：氫氣的壓力 (atm)。

表 2：K (atm⁻¹)

	甲	乙	丙	丁
H_2	10×10^{-4}	2×10^{-4}	0	6×10^{-4}
He	1×10^{-4}	0.1×10^{-4}	0	0.5×10^{-4}
Ne	0	6×10^{-4}	0	0
Ar	0	9×10^{-4}	0	0
Kr	0	0	0	0

根據上述結果回答下列問題：

- 甲、乙、丙、丁四種分子上孔洞的口徑，最可能的相對大小為何？
(A) 甲 > 乙 (B) 乙 > 丙 (C) 丙 > 丁 (D) 丁 > 乙 (E) 丙 > 甲
- 取甲分子 1000 克，於 200°C 下通入氫氣，達到平衡時，氫氣的壓力為 1000 atm，則含有 H_2 的甲莫耳數 ($n_{H_2 @ \text{甲}}$) 為何 (mol)？
(A) 0.875 (B) 0.75 (C) 0.5 (D) 0.375 (E) 0.125

7. 近年來，由於新型冠狀病毒在全球各地肆虐，耳溫槍已成為重要的防疫工具。耳溫槍是以量測鼓膜溫度來代表人體的體溫，假若人體鼓膜的輻射能量主要處於 6000~15000 nm 之間，則試問氫原子中的電子在下列哪一種主量子數 n 之間的躍遷，所釋出的電磁波能量與人體鼓膜的輻射能量最接近？（芮得柏方程式： $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$ ， $n_2 > n_1$ ，芮得柏常數 R_H 約為 $1.0 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-1}$ ）
- (A) $n = 2 \rightarrow n = 1$ (B) $n = 3 \rightarrow n = 2$ (C) $n = 4 \rightarrow n = 3$
(D) $n = 5 \rightarrow n = 4$ (E) $n = 6 \rightarrow n = 5$

二、多選題（占48分）

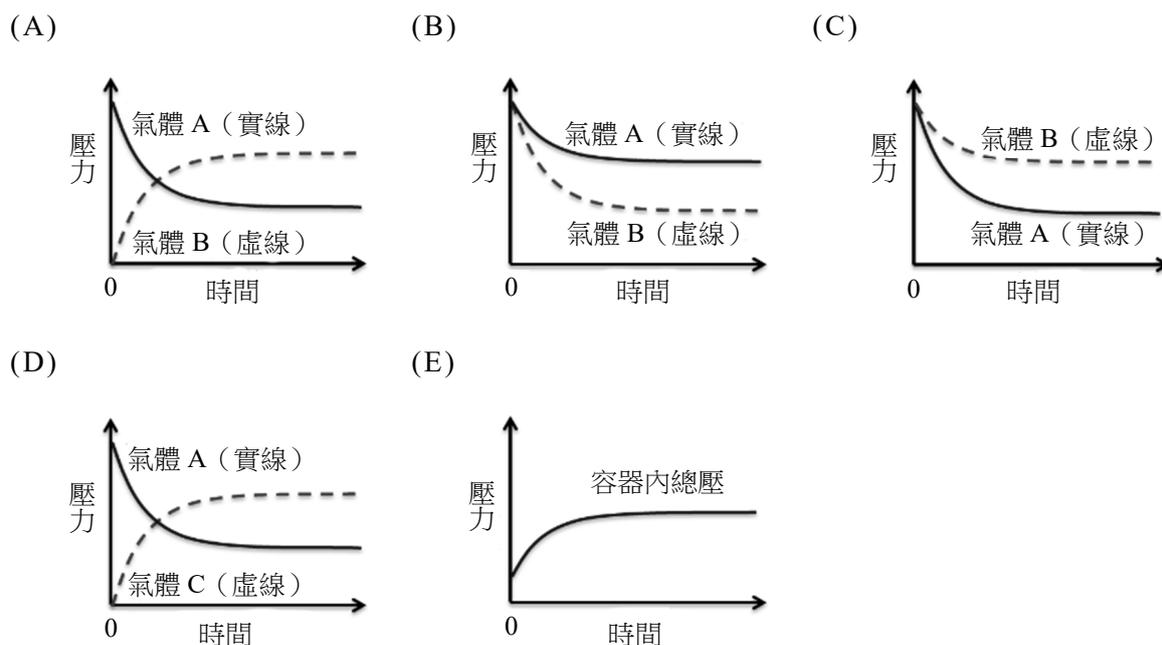
說明：第8題至第19題，每題4分。

8. 下列有關分子結構與特性的敘述，哪些正確？
- (A) SO_3 與 NH_3 皆具有偶極矩
(B) 氣態 BeH_2 與 H_2S 皆為直線型分子
(C) 光氣（ COCl_2 ）為一具極性的平面分子
(D) NO_2 的價電子總數為奇數，故其路易斯結構不符合八隅體規則
(E) 穩定態的 SF_6 為正八面體結構，但因為 S 和 F 原子電負度不同，故 SF_6 具有偶極矩

9-10 題為題組

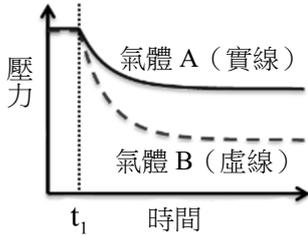
將同溫、同壓、同體積的氣體 A 與氣體 B 共同置入一體積為 V 之密閉容器內，已知 A 與 B 會發生化學反應產生氣體 C，化學平衡反應式為 $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ ，回答下列問題：

9. 定溫下，下列關係圖哪些正確？

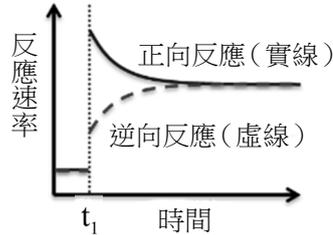


10. 上述反應達平衡後，於時間 t_1 時，在定溫下將容器體積瞬間變成 $2V$ ，則下列關係圖哪些正確？

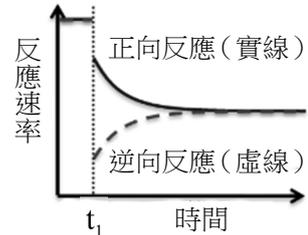
(A)



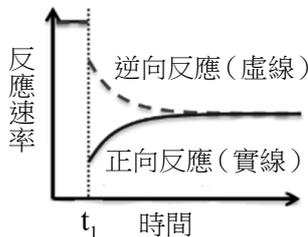
(B)



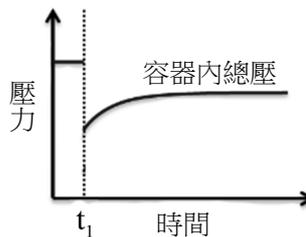
(C)



(D)



(E)



11. 王同學用乙醇與過量的醋酸進行酯化反應，反應完成後，利用萃取法將醋酸與產物分離。依序將水、乙醚加入至反應完成的混合液中，再倒入分液漏斗內，如圖 3 所示。下列有關此反應與萃取過程的敘述，哪些正確？

(A) 分液漏斗中的上層為水層

(B) 醋酸是有機物，但還是會溶於水層中

(C) 實驗過程中所加的乙醚，可以用丙酮取代

(D) 乙酸乙酯與乙醚可互溶，故用乙醚進行萃取

(E) 加入少量的濃硫酸，有助於此酯化反應的進行

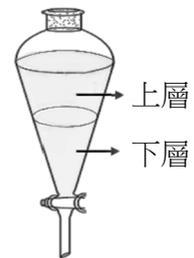


圖 3

12. 以 0.10 M NaOH 溶液滴定 $200\text{ mL } 0.050\text{ M}$ 之某有機酸溶液，其滴定曲線如圖 4 所示。下列關於此有機酸的敘述，哪些正確？

(A) K_{a1} 大於 10^{-4}

(B) 此有機酸為單質子酸

(C) 在 $\text{pH} 5.5$ 附近有很好的緩衝效果

(D) 當溶液的 $\text{pH} = 10$ 時，該有機酸呈帶 $+1$ 價離子

(E) 於上述有機酸溶液中加入 0.10 M NaOH 溶液 100 mL 時，溶液的 pH 值接近 7.0

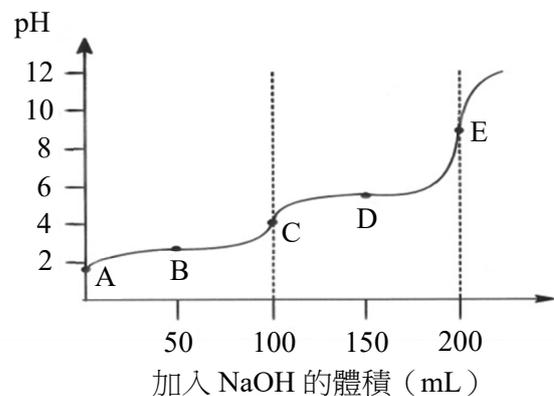
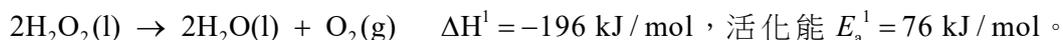
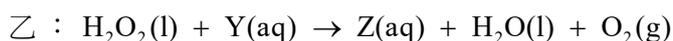
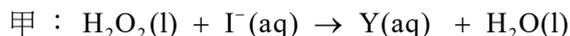


圖 4

13. 「大象牙膏」是一有趣的化學實驗：將濃度為 30~35% 的雙氧水與清潔劑混合，雙氧水分解產生的氧氣被清潔劑水溶液包裹住產生氣泡，此泡沫狀物質會像噴泉一樣噴湧而出。已知其化學反應式為：



若在此溶液中加入少量碘化鉀溶液，則泡沫噴湧的效果會更明顯。小安量測加入碘化鉀溶液後的反應活化能 $E_a^2 = 57 \text{ kJ/mol}$ 與反應熱 $\Delta H^2 = -Q \text{ kJ/mol}$ 。此外，小安發現加入碘化鉀溶液後，碘離子會參與反應，而且有甲、乙兩反應發生。



已知甲、乙兩個反應的反應係數皆已平衡，且甲反應的反應速率小於乙反應的反應速率，小安分析反應後碘離子的量沒有減少。根據以上實驗觀察及結論，下列敘述哪些正確？

- (A) $Q > 196$
 - (B) Y 是 IO_3^-
 - (C) Z 是 I^-
 - (D) 甲反應活化能小於乙反應活化能
 - (E) 雙氧水在此實驗中既是氧化劑，也是還原劑
14. 硫酸根離子濃度的檢測方法如下：首先加入適量的鹽酸使樣品溶液酸化，然後加入氯化鋇溶液，會產生白色沉澱，稱重後即可確定樣品所含有硫酸根離子的量。李同學取得一樣品，依照上述方法得到硫酸鋇沉澱，以預先稱重的濾紙過濾，並將濾紙與沉澱物置於已稱重的坩堝內，於烘箱內烘乾，最後再稱沉澱物、濾紙與坩堝的總重，可計算樣品中硫酸根離子的濃度。實驗完成後，發現所測得的結果高於實際濃度，下列哪些可能是造成此誤差的原因？
- (A) 最後稱重時，濾紙乾燥未完全
 - (B) 樣品溶液中含有不溶的固體雜質
 - (C) 在過濾的過程中，有粉末通過濾紙而流失
 - (D) 尚未加入氯化鋇前，在操作過程灑濺出樣品
 - (E) 空坩堝稱重前未完全乾燥，但最後稱沉澱物、濾紙與坩堝的總重時，則是完全乾燥

15. 小華在 25°C 時，將 1 毫克的蛋白質分別加到 10 mL 的純水、0.001 M 的鹽酸溶液、0.001 M 的氫氧化鈉溶液中，得到如下的實驗結果：

- (1) 無法完全溶解於純水中
 - (2) 完全溶解於 0.001 M 的鹽酸溶液中
 - (3) 完全溶解於 0.001 M 的氫氧化鈉溶液中
 - (4) 在電場下，(2) 所述溶液中的蛋白質，會向負 (-) 端移動
 - (5) 在電場下，(3) 所述溶液中的蛋白質，會向正 (+) 端移動
- 根據上述，下列有關該蛋白質性質的推論哪些正確？

- (A) 溫度越高，該蛋白質溶解度越大
- (B) 該蛋白質的溶解度和溶液酸鹼值有關
- (C) 該蛋白質所帶的電荷和溶液的酸鹼值有關
- (D) 若將 (2) 與 (3) 所述溶液等量混合，可能有部分蛋白質析出
- (E) 溶於 0.001M 氫氧化鈉溶液中的蛋白質，其移動速率不隨電場強弱而改變

16-17 題為題組

有甲、乙、丙、丁、戊、己等六個前三週期的元素，其相關的性質如表 3 所示。

表 3

元素	價電子數	電負度	原子半徑 (pm)
甲	1	0.9	154
乙	5	3.0	75
丙	7	3.0	99
丁	6	3.5	73
戊	7	4.0	71
己	1	1.0	134

16. 根據表 3 所提供的資料，下列有關此六個元素的敘述哪些正確？

- (A) 室溫下，甲可與甲醇反應
- (B) 乙的第一游離能小於丁的第一游離能
- (C) 室溫下，丙分子會與水進行氧化還原反應，而丁分子則不會
- (D) 丁可形成雙原子和三原子兩種氣體分子，其中三原子分子的鍵長較長
- (E) 室溫下，丙和戊均可形成同核雙原子分子，且戊分子的沸點比丙分子的沸點高

17. 此六元素彼此之間可形成不同的化合物，下列相關化合物的敘述哪些正確？

- (A) 甲與丙可形成離子化合物
- (B) 乙與丁可形成多種化合物
- (C) 丁與戊形成的分子化合物中，丁的氧化數可為 -1
- (D) 乙與丙形成的分子化合物，其分子形狀為平面三角形
- (E) 甲與丁可形成離子化合物，其中丁的氧化數可為 -1 或 -2

18-19 題為題組

長期濫用抗生素易使細菌產生抗藥性，細菌抗藥性產生的方式可透過本身的基因突變或獲得抗藥性基因，因此開發新類型的抗生素是迫切的課題。有研究指出，分子甲具有殺菌的作用，其結構如圖 5 所示。

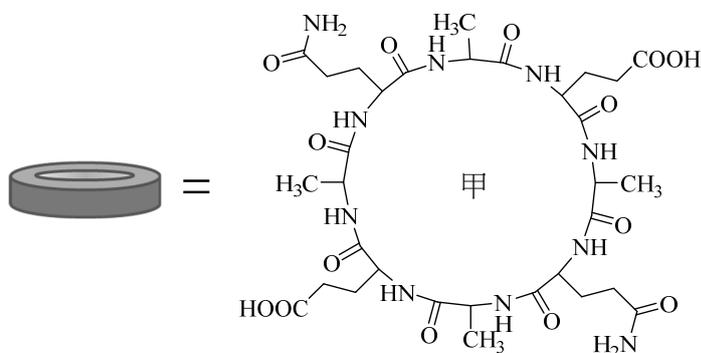


圖 5

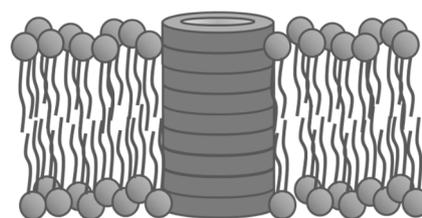


圖 6

18. 下列關於甲的組成與結構之敘述，哪些正確？
- (A) 共有 8 個醯胺鍵
 - (B) 僅由 α -胺基酸組成
 - (C) 所有的原子皆在同一平面上
 - (D) 分子甲由 8 個胺基酸所構成
 - (E) 分子甲由 3 種不同的胺基酸縮合而成
19. 研究指出，甲產生殺菌的效果，是透過分子間的作用力，堆疊在細菌的細胞膜上形成規律的結構，如圖 6 所示。下列關於甲的性質與其堆疊結構物的敘述哪些正確？
- (A) 甲可形成分子間氫鍵
 - (B) 甲可分別與丙酮、丙酸及丙炔產生氫鍵
 - (C) 甲主要是藉由凡得瓦力互相堆疊
 - (D) 堆疊後的結構物，可形成中空的通道
 - (E) 甲的殺菌作用，可能是影響細菌細胞膜的功能

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，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。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

某市因財政困難，停止使用自來水公司的供水系統，改為抽用河流的水，並停止添加金屬腐蝕抑制劑。常用金屬腐蝕抑制劑為磷酸鹽的衍生物，溶於水中所產生的磷酸根 (PO_4^{3-}) 會與金屬水管腐蝕出的金屬離子形成難溶性鹽，即為水垢的來源。水垢會附著於管壁表面，減緩金屬水管腐蝕的速度，進而降低水中重金屬的含量。某研究團隊針對該水樣品中的金屬含量進行系統性的檢測，試圖找出水中重金屬與過往的差異。回答下列問題：

20. 研究團隊於某住家中收集水樣品，固定水龍頭的出水流量為 7.5 L/min ，在 8 分鐘內，收集 6 瓶 1 公升的樣品 a-f 及 6 瓶 250 毫升的樣品 g-l，分析各樣品的鉛濃度，結果如圖 7 所示。根據上述，下列敘述哪些正確？（圖中的 μg 為微克， $1 \text{ 微克} = 1 \times 10^{-6} \text{ 克}$ ）（多選）

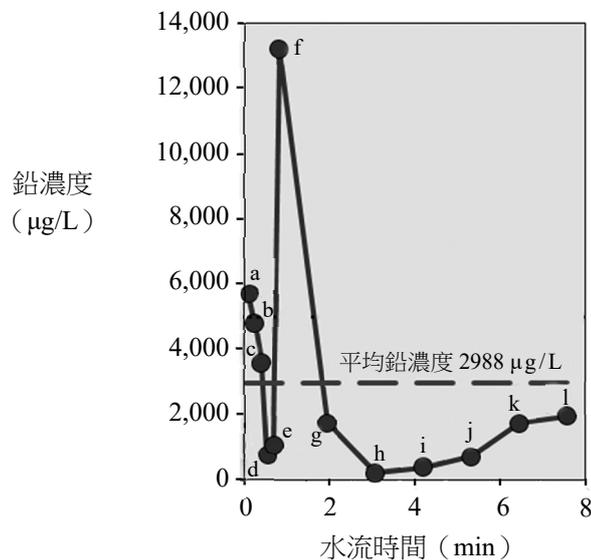


圖 7

- (A) 有 4 個樣品的鉛濃度高於平均鉛濃度
- (B) 樣品 a-f 的鉛濃度皆高於樣品 g-l
- (C) 樣品 a-f 的鉛含量皆高於樣品 g-l
- (D) 持續出水 8 分鐘後，可完全降低水中的鉛濃度
- (E) 若水樣品的密度為 1 g/mL ，有 3 個樣品的鉛濃度高於 40 ppm

21. 研究團隊認為重金屬的來源是附著水管壁上的水垢崩解後流入水中（圖 8），水垢中重金屬的含量分布如圖 9 所示。假設分析水樣品的重金屬分布與水垢的重金屬分布相同，試問下列何者為水樣品中的重金屬分布？（單選）

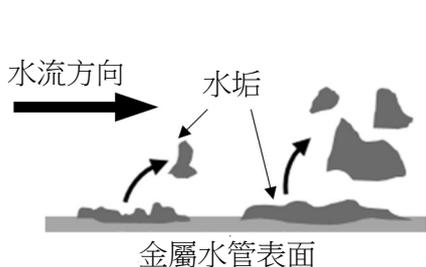


圖 8

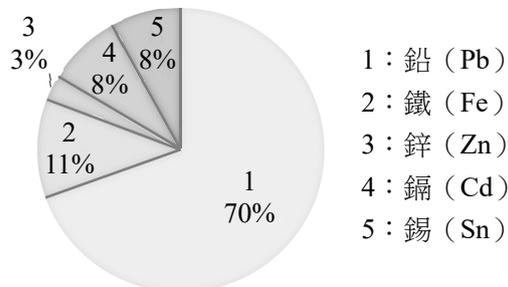
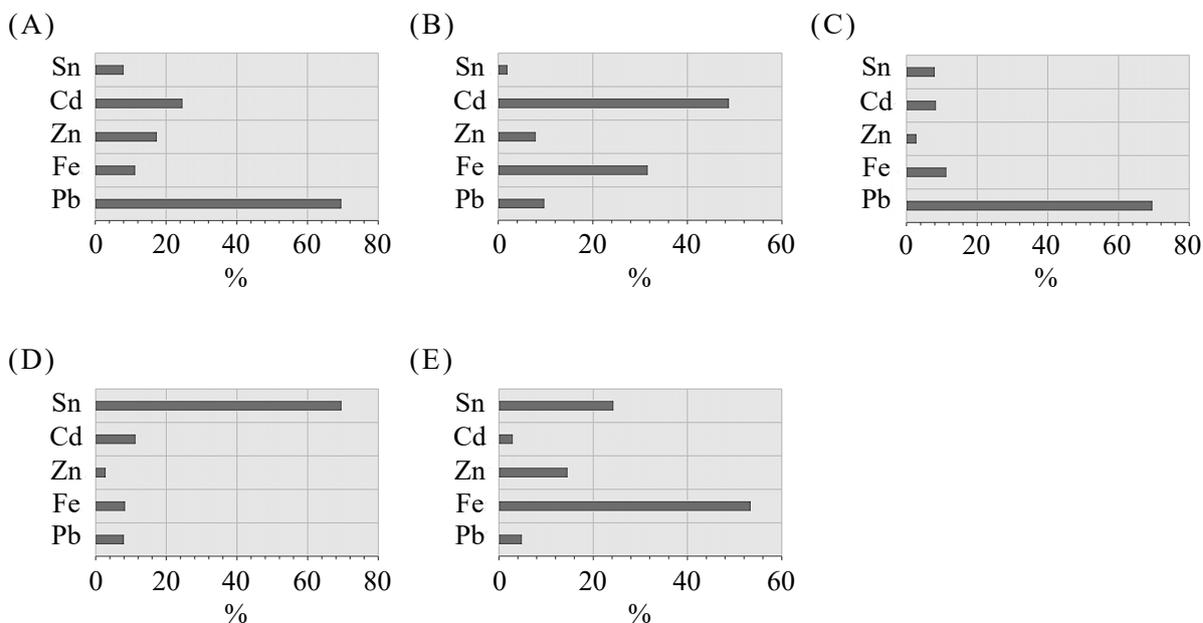
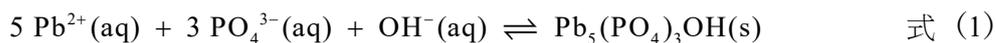


圖 9



22. 已知水垢中含有氫氧磷酸鉛 ($\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$)。式 (1) 為氫氧磷酸鉛在水中的溶解平衡，若在水中添加含磷酸鹽的金屬腐蝕抑制劑後，是否能降低水中鉛濃度？並說明之。(2 分)



是否能降低水中鉛濃度？	說明原因

23-24 題為題組

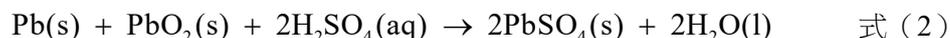
具有相同滲透壓的溶液稱為等張溶液，細胞必須處於等張的環境才能存活，細胞若處於滲透壓比細胞內大的高張溶液，則細胞會因為液體流出細胞外造成萎縮而凋亡，高鹽分與糖分的醃製食品即是利用此一現象來進行食物保存。相反地，若細胞處於滲透壓低於細胞內的低張溶液中，則可能會因液體流入細胞內使細胞膨脹甚至破裂。回答下列問題：

23. 已知有一單細胞細菌在 27°C 時，可存活於體積莫耳濃度 0.25 M 的等張硝酸銨溶液中。假設硝酸銨於水中完全解離，則此細菌細胞內的滲透壓為多少 atm？（2 分）
24. 某生製備了一重量百分率濃度 1.8% 且密度為 1.0 g/mL 的 100 克葡萄糖（莫耳質量為 180 g/mol）水溶液，若在 27°C 下將上述單細胞細菌置於此溶液中，則此細菌細胞變化如何？（需算出溶液濃度）（2 分）

25-27 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（2）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：

25. 實驗 III 使用何種純化技術提煉 PbO？（2 分）
26. 寫出實驗 IV 中，溶液呈紅色的原因為何？（2 分）
27. 分別寫出實驗 IV 與 V 中生成 PbSO₄ 的淨離子平衡反應式。（4 分）

