

編號：_____

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽 化學科決賽

筆試一

時間：45 分鐘

分數：_____

作答區：請將答案寫在下列格子內，否則不予計分

一、單選題（計 20 題，每題 2 分，共 40 分）：

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

二、複選題（計 8 題，每題 3 分，共 24 分，全對才給分）：

1	2	3	4	5
6	7	8		

編號：_____

三、非選題（計 5 題，共 36 分）：

1. (6 分)

2. (每小題 2 分，共 6 分)

3. (12 分)

4. (6分)

5. (6分)

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽

化學科決賽

筆試一

請將答案寫在作答區的格子內，否則不予計分

一、單選題（計 20 題，每題 2 分，共 40 分）：

1. 取 0.02 莫耳的 CH_3COOH 與 0.01 莫耳的 CH_3COONa 配成 200 mL 的水溶液，其 CH_3COOH 的解離度為 X 。另取 0.04 莫耳的 CH_3COOH 與 0.05 莫耳的 HCl 配成的 100 mL 水溶液，其 CH_3COOH 之解離度為 Y ；則 $X:Y$ 約為多少？($K_a=2.0 \times 10^{-7}$)
 (A) 5:2 (B) 10:1 (C) 2:5 (D) 1:10 (E) 1:5
2. 乙酸的結構式為 $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{H}$ ，則乙酸分子內的 σ 鍵、 π 鍵以及未鍵結電子對的總數為何？
 (A) 6 (B) 8 (C) 10 (D) 12 (E) 13
3. 下列分子何者為非所有原子皆共平面？
 (A) COCl_2 (B) $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ (C) C_2N_2 (D) -COOH (E) N_2F_2
4. 已知鉑溶於王水的方程式為 $\text{Pt} + \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{PtCl}_6^{2-} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ （未平衡），又濃硝酸為 15 M，濃鹽酸為 12 M，則欲溶解鉑的王水中，濃硝酸與濃鹽酸體積比為 1:n，n 為下列哪一項時最理想？
 (A) 3.6 (B) 4.6 (C) 5.6 (D) 5.0 (E) 6.6
5. 若澱粉的化學式為 $\text{H}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n\text{OH}$ ，將 2 克的澱粉溶於 100 mL 的水，於 27 °C 時測得滲透壓為 16.5 mmHg，則 $n=?$
 (A) 120 (B) 140 (C) 160 (D) 180 (E) 200

6. 氣體有機物 A 在 HgSO_4 及 H_2SO_4 觸媒存在下，與水反應生成不安定的乙烯醇，然後轉生成異構物 B。B 與斐林試液反應生成 Cu_2O 沉澱，且 B 被氧化成 C。若生成 6.0 克的 C，則最初的 A 在 0°C 、1 大氣壓下為若干升？
- (A) 2.24 (B) 2.46 (C) 4.48 (D) 1.12 (E) 4.92
7. 已知 Bi_2S_3 的溶解度為 $X \text{ mol/L}$ ，其 K_{sp} 的表示應為下列何者？
- (A) $X = (K_{\text{sp}})^{\frac{1}{2}}$ (B) $X = \left(\frac{K_{\text{sp}}}{6}\right)^{\frac{1}{5}}$ (C) $X = \left(\frac{K_{\text{sp}}}{25}\right)^{\frac{1}{5}}$ (D) $X = \left(\frac{K_{\text{sp}}}{36}\right)^{\frac{1}{5}}$ (E) $X = \left(\frac{K_{\text{sp}}}{108}\right)^{\frac{1}{5}}$
8. 當你旅遊至遙遠且寒冷的星球，在那個星球，氨氣就好比地球的水氣，被當地居民使用。氨與水同樣為兩性化合物且會發生自解離特性。在這個星球的標準溫度下氨的游離常數 K 為 1.8×10^{-12} ，試求此溫度下氨的 pH 值。
- (A) 6 (B) 5.96 (C) 5.92 (D) 5.89 (E) 5.85
9. 關於電子親和力的敘述何者正確？
- (A) 鹵素族之最外層電子組態為 ns^2np^5 ，當獲得一個電子放出的能量，隨 n 值之增加而減少
- (B) 中性原子得到一個電子，形成帶負電陰離子時，必放出能量
- (C) 游離能大的中性原子，其電子親和力也大
- (D) 陽離子的電子親和力是吸熱，陰離子的電子親和力是放熱
- (E) 電子親和力一般隨原子半徑減少而增大，因半徑減小，核電荷對電子的吸引力上升
10. 有關於 π 鍵與 σ 鍵的敘述，何者有誤？
- (A) π 鍵在核間軸上的電子密度為 0
- (B) 兩個 d 軌域可以形成 σ 鍵
- (C) σ 鍵強度大於 π 鍵，是因為 σ 鍵有較大之重疊程度
- (D) σ 鍵與 π 鍵皆可以單獨存在
- (E) 當兩個 p 軌域混成時，既可生成 σ 鍵也可形成 π 鍵

編號：_____

11. 已知鈣的原子量為 M ，密度為 $d \text{ g/cm}^3$ ，且其為面心立方堆積，每單位晶格之邊長為 $a \text{ Å}$ 。由此數據推算之亞佛加厥常數為何？

- (A) $\frac{M \times 10^{24}}{da}$ (B) $\frac{4M \times 10^{24}}{da}$ (C) $\frac{M \times 10^{24}}{4da}$ (D) $\frac{M \times 10^{24}}{da^3}$ (E) $\frac{4M \times 10^{24}}{da^3}$

12. 鉛蓄電池中含 30.0% 硫酸 2 升（比重 1.2），此鉛蓄電池放電 0.400 法拉第後，硫酸的重量百分率濃度變為約若干%？

- (A) 29.5% (B) 29.25% (C) 29.0% (D) 28.75% (E) 28.50%

13. 某蛋白質分解之胺基酸含 C：40.4%，H：7.80%，N：15.7%，將此胺基酸 4.45 g 溶於 100 mL 水中，測得凝固點為 -0.93°C ，則此胺基酸之分子式為：

- (A) $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4$
(B) $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$
(C) $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$
(D) $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$
(E) $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_4$

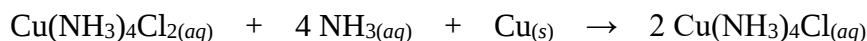
14. 以下配位化合物各配製成 1 升的 1.0 M 水溶液： $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{I}_3$ 、 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{I}_4$ 、 Na_2PtI_6 、 $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{I}_3$ 。若加入過量的 AgNO_3 水溶液於各配位化合物水溶液中，則共生成多少莫耳的 AgI 沉澱？（假設上述過渡金屬離子皆生成八面體型配位化合物）

- (A) 4 (B) 6 (C) 8 (D) 10 (E) 12

15. Xe 及 F_2 氣體混合於鎳金屬容器內加熱至 400°C 會反應生成二元化合物。於 100.0 mL 之鎳金屬容器內於 25°C 下加入 Xe 及 F_2 氣體且分壓各別為 1.24 與 10.10 atm，當容器加熱至 400°C 後冷卻後生成固體與殘留氟氣，將剩餘氟氣轉移至另一 100.0 mL 的鎳容器中於 25°C 所得之壓力為 7.62 atm，假設所有的 Xe 氣體反應完全，試問此二元化合物之分子式。

- (A) XeF (B) XeF_2 (C) XeF_4 (D) XeF_5 (E) XeF_6

16. 在電子工業的印刷電路板的製程中，將厚度為 0.60 毫米的金屬銅層壓到絕緣塑料板上，再由抗化學的聚合物所繪成的電路印刷在板上，不需要的銅在經過化學蝕刻去除，最後保護性聚合物再利用溶劑去除。化學蝕刻反應如下：



一家工廠需要製造 10000 塊印刷電路板，每塊印刷電路板的面積為 $8.0 \times 16.0 \text{ cm}$ ，每塊板上平均去除了 80% 的銅（金屬銅的原子量為 63.55，密度為 8.96 g/cm^3 ），則完成此化學蝕刻需要多少重量的 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$ ？假設反應產率為 100%。

- (A) $6.0 \times 10^5 \text{ g}$ (B) $1.2 \times 10^6 \text{ g}$ (C) $1.8 \times 10^6 \text{ g}$ (D) $2.4 \times 10^6 \text{ g}$ (E) $3.0 \times 10^6 \text{ g}$
17. 假設空氣樣品由莫耳分率 78% 氮氣、21% 氧氣、1% 氬氣所組成，那麼溫度 27°C 和壓力 1 atm 下的空氣密度是多少？（分子量： N_2 ：28.02、 O_2 ：32.00、Ar：39.95）
- (A) 1.18 g/L (B) 1.16 g/L (C) 1.14 g/L (D) 1.12 g/L (E) 1.10 g/L

18. 電子在氫原子中從基態激發到 $n = 3$ 激發態。下列敘述何者正確？

- (A) 從 $n = 3$ 去除電子所需能量比從基態去除電子的能量較大
- (B) 在 $n = 3$ 狀態下，電子平均比在基態下更靠近原子核
- (C) 如果電子從 $n = 3$ 下降到 $n = 2$ ，則放射光的波長比電子從 $n = 3$ 下降到 $n = 1$ 的放射光波長較短
- (D) 當電子從 $n = 3$ 返回到基態時發出的光的波長與從 $n = 1$ 到 $n = 3$ 吸收的光的波長相同
- (E) $n = 3$ 的激發態為第一激發態

19. 在天然橡膠製程中會加入硫，以產生硫化作用，其目的為何？

- (A) 增加分子的鏈長 (chain length)
- (B) 使橡膠分子產生交聯 (curing)
- (C) 降低橡膠的熔點
- (D) 使橡膠變得更柔軟
- (E) 固定其形狀

20. 已知鈉金屬之昇華熱為 110 kJ/mol，第一游離能為 490 kJ/mol，氯分子的解離能為 240 kJ/mol，氯的電子親和力為 -350 kJ/mol，已知氯化鈉晶體之莫耳生成熱為 -490 kJ/mol，試求氯化鈉之晶格能為若干 kJ/mol？

- (A) -860 (B) -230 (C) -120 (D) 130 (E) 250

二、複選題（計 8 題，每題 3 分，共 24 分，全對才給分）：

1. 下列化合物之中心原子何者不服從八隅體？

- (A) XeF₄
(B) SCl₂
(C) SF₄
(D) PCl₃
(E) BCl₃

2. 下列有關金屬元素及其化合物的敘述，何者正確？

- (A) [Fe(C₂O₄)₃]³⁻ 中鐵的配位數為 3
(B) 鉻酸鉀水溶液的顏色是黃色的
(C) 氫氧化鋁為鹼性，與強酸作用但不與強鹼作用
(D) 礬土是氧化鋁的俗稱
(E) [Zn(NH₃)₄]²⁺ 為平面四方形的錯離子

3. 下列有關 BeF₂、BF₃、CF₄、NF₃ 四種氟化物之各項敘述何者正確？

- (A) 具有高極性鍵結之分子，其分子偶極必不為零
(B) BF₃ 的分子偶極約與 NF₃ 相等
(C) NF₃ 的分子偶極矩比其他氟化物為大
(D) 氟化物中兩鍵結原子之游離能相差愈大，其分子偶極愈大
(E) 常壓下 BeF₂ 為固體，而其餘分子皆為氣體。

4. 下列各組化合物的沸點順序，何者正確？

- (A) $S_8 > P_4 > Cl_2 > Ar$
- (B) 鄰二氯苯 > 間二氯苯
- (C) $CO > N_2$
- (D) 苯 < 甲苯 < 乙苯
- (E) $H_2S < HCl$

5. 1 個碳六十(C_{60}) 分子是由 60 個碳原子所組成，呈現球狀外觀。下列有關 C_{60} 的敘述，何者正確？

- (A) C_{60} 在室溫下不具導電性
- (B) 1 個 C_{60} 分子有 60 個單鍵
- (C) 1 個 C_{60} 分子有 12 個五邊形和 20 個六邊形
- (D) C_{60} 中的碳，與二氧化碳中的碳具有相同的混成軌域
- (E) C_{60} 中的碳，與石墨烯中的碳具有相同的混成軌域

6. 下列有關化合物之敘述，何者正確？

- (A) 化合物的化學式，是以組成該化合物的各元素原子數目以最簡單整數比來表示
- (B) 所有離子化合物在水中的溶解度，均隨著溫度的上升而增加
- (C) IIA 族元素與 VIA 族元素均會形成離子化合物
- (D) 不銹鋼為混合物，不為化合物
- (E) 半導體的電導率隨溫度上升會上升

7. 常溫常壓下，下列何者符合道耳吞分壓定律？

- (A) NO, O_2 (B) He, O_2 (C) CO, CO_2 (D) N_2 , Ar (E) H_2 , O_2

8. 下列含硫原子的物種，何者可用作氧化劑？

- (A) S^{2-} (B) H_2SO_4 (C) SO_2 (D) SO_3^{2-} (E) $S_2O_3^{2-}$

三、非選題（計 5 題，共 36 分）：

1. 你與你的朋友各別合成 XeCl_2F_2 分子，合成後發現你的化合物為液態而你的朋友化合物則為氣態（於同溫同壓下），試解釋此分子於同溫同壓下具不同相的原因。（6 分）
2. 試畫出以下配位化合物之所有異構物。（每小題 2 分，共 6 分）
 (1) $[\text{CoBrCl}_2(\text{OH}_2)]$ (2) $[\text{PtCl}_2(\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2)]$ (3) $[\text{RhH}(\text{C}\equiv\text{CR})_2(\text{PMe}_3)_3]$ （八面體）
3. 砷酸 (H_3AsO_4) 為一三質子酸且其 $K_{a1} = 5 \times 10^{-3}$ ； $K_{a2} = 8 \times 10^{-8}$ ； $K_{a3} = 6 \times 10^{-10}$ ，計算 0.20 M 砷酸水溶液中 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{OH}^-]$ 、 $[\text{H}_3\text{AsO}_4]$ 、 $[\text{H}_2\text{AsO}_4^-]$ 、 $[\text{HAsO}_4^{2-}]$ 、 $[\text{AsO}_4^{3-}]$ 的濃度。（12 分）
4. 若 HCN 之解離常數 K_a 為 10^{-9} ，試推導體積莫耳濃度為 A 之 KCN 水溶液，其 $[\text{H}^+]$ 的 pH 值應為 $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_w + \text{p}K_a + \log A)$ 。（6 分）
5. 為了確定 Hg_2I_2 的 K_{sp} 值，化學家獲得一固態的 Hg_2I_2 污染樣品，其中部分碘以放射性 ^{131}I 的形式存在。 Hg_2I_2 樣品的每莫耳碘的放射性計數率為 5.0×10^{11} 計數/分鐘。將過量的 Hg_2I_2 放入水中，並使固體與其對應的離子達到平衡。取出 150.0 mL 的飽和溶液樣品並測量放射性計數率為 33 計數/分鐘。根據上述資訊，計算 Hg_2I_2 的 K_{sp} 值。（6 分）

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽

化學科決賽

筆試二

時間：45 分鐘

分數：_____

作答區：請將答案寫在下列格子內，否則不予計分

一、單選題（計 14 題，每題 4 分，共 56 分）

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案										
題號	11	12	13	14						
答案										

二、複選題（計6題，每題4分，全對才給分，共24分）

題號 1 答案	
題號 2 答案	
題號 3 答案	
題號 4 答案	
題號 5 答案	
題號 6 答案	

三、非選題（計 2 題，共 20 分）

1	(a)(5 分) (b)(5 分)
2	(a)(5 分) (b)(5 分)

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽

化學科決賽

筆試二

請將答案寫在作答區的格子內，否則不予計分

一、單選題（計 14 題，每題 4 分，共 56 分）

1. 比較不同氟化物分子或離子(XF_n)中 F-X-F 間的鍵角，依大而小順序排列，下列何者正確？

(A) $\text{SF}_2 > \text{OF}_2 > \text{SiF}_4 > \text{SiF}_6^{2-}$ (B) $\text{SiF}_6^{2-} > \text{SiF}_4 > \text{OF}_2 > \text{SF}_2$
 (C) $\text{SiF}_6^{2-} > \text{SiF}_4 > \text{SF}_2 > \text{OF}_2$ (D) $\text{SiF}_4 > \text{SF}_2 > \text{OF}_2 > \text{SiF}_6^{2-}$
 (E) $\text{SiF}_4 > \text{OF}_2 > \text{SF}_2 > \text{SiF}_6^{2-}$

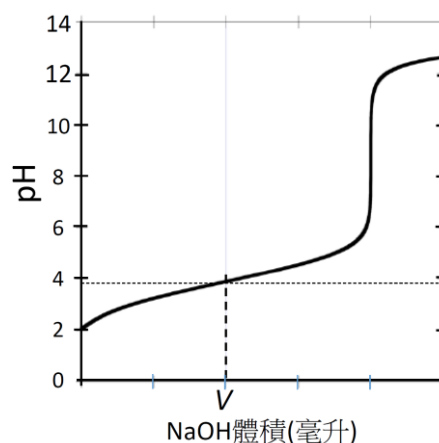
2. 0.1 M 的碳酸氫鈉(NaHCO_3)水溶液中，所含 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 是多少體積莫耳濃度(M)？

(H_2CO_3 ： $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2} = 4.8 \times 10^{-11}$)

(A) 2.2×10^{-5} (B) 1.1×10^{-4} (C) 2.1×10^{-3} (D) 3.3×10^{-3} (E) 6.6×10^{-3}

3. H_3A 為三質子酸，其酸解離常數分別為 K_1 、 K_2 、 K_3 ，若取 50.0 毫升 0.10 M H_3A 溶液，以 0.20 M NaOH 滴定，滴定曲線如右圖，則在圖中 V 點的 NaOH 體積約是多少毫升？(已知 $\text{p}K_1 = 3.1$ 、 $\text{p}K_2 = 3.9$ 、 $\text{p}K_3 = 4.7$)

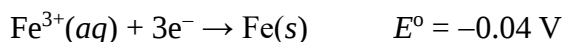
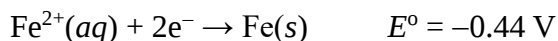
(A) 12.5 (B) 25.0 (C) 37.5
 (D) 50.0 (E) 75.0



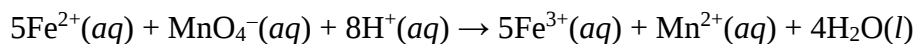
4. 在酸性溶液中，將 20.0 毫升 0.10 M 的甲醇(CH_3OH)完全氧化為甲酸(HCOOH)，至少需加入多少毫升的 0.10 M KMnO_4 溶液？

(A) 8.0 (B) 10.0 (C) 12.0 (D) 16.0 (E) 20.0

5. 已知下列半反應在 25°C 時的標準還原電位如下：

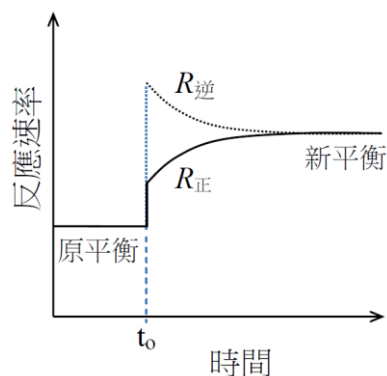


則下列反應在 25°C 時的標準電壓是多少伏特(V)？

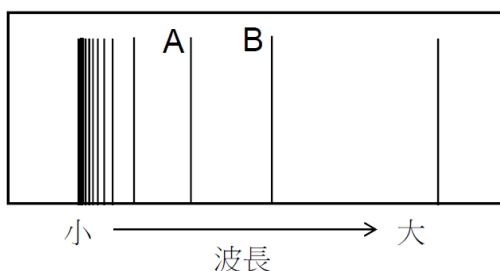


(A) 0.75 (B) 1.07 (C) 1.11 (D) 1.27 (E) 1.91

6. 有一氣態反應 $aR(g) \rightleftharpoons bP(g)$ ， a 與 b 為反應式的平衡係數，當反應到達平衡時，正向反應速率($R_{正}$)與逆向反應速率($R_{逆}$)相同，若保持在定溫下，在時間 t_0 瞬間減少容器體積， R 和 P 原來的平衡濃度將改變至新的平衡濃度，在此過程中正、逆向反應速率的變化如右圖所示。下列對此反應的敘述，何者正確？

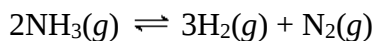


- (A) $a > b$
 (B) 是吸熱反應
 (C) 產物 P 的平衡濃度增加
 (D) 反應物 R 的平衡濃度降低
 (E) 新平衡時的總壓力小於原平衡時的總壓力
7. 已知 N_2 和 H_2 分子的鍵能分別為 945 kJ/mol 和 436 kJ/mol ， NH_3 分子的標準生成熱 (ΔH_f°) 為 -41.6 kJ/mol ，估算 NH_3 分子中的 $N-H$ 鍵能約是多少 (kJ/mol)？
- (A) 375 (B) 389 (C) 403 (D) 446 (E) 432
8. 某一單電子的氣態離子，電子由不同激發態能階躍遷至 $n=3$ 能階，其所產生的放射線光譜如下圖所示：



圖中 A 光譜線的波長為 142.5 nm (奈米)，則 B 光譜線的波長是多少 nm ？

- (A) 151.6 (B) 167.0 (C) 170.0 (D) 178.1 (E) 208.5
9. 在 25°C 時， $2.0 \times 10^{-7} \text{ M HNO}_3$ 水溶液中的 $[H^+]$ 約是多少 M ？
- (A) 1.0×10^{-7} (B) 2.0×10^{-7} (C) 2.4×10^{-7} (D) 2.6×10^{-7} (E) 3.0×10^{-7}
10. 在 500°C 下，將 NH_3 置入固定體積的真空容器內，最初壓力為 380 mmHg ， NH_3 進行下列反應：

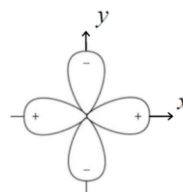


當達平衡時，容器內的氣體總壓力為 532 mmHg ，則該反應的體積莫耳濃度平衡常數(K_c)是多少？

- (A) 7.5×10^{-6} (B) 3.0×10^{-2} (C) 0.43 (D) 121 (E) 1.7×10^6

11. 下列哪一個軌域的電子密度分佈形狀如右圖？

- (A) p_x (B) p_z (C) d_{xy} (D) $d_{x^2-y^2}$ (E) d_{z^2}



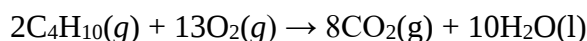
12. 比較 Si、P、Ge、As 四種原子的第一電子游離能，依大而小順序排列，下列何者正確？

- (A) $As > Ge > P > Si$ (B) $Ge > As > Si > P$ (C) $P > Si > As > Ge$
(D) $Si > P > Ge > As$ (E) $P > As > Si > Ge$

13. 在 25°C 時，1 大氣壓的空氣密度為 1.18 g/L，空氣中二氧化碳(CO₂)的重量百萬分濃度約 600 ppm，則空氣中二氧化碳的分壓約是多少大氣壓？(CO₂ 分子量 = 44.0)

- (A) 1.4×10^{-5} (B) 1.6×10^{-5} (C) 3.9×10^{-4} (D) 7.1×10^{-4} (E) 1.6×10^{-2}

14. 已知丁烷的熱值為 50 kJ/g，則下列反應式的 ΔH 約是多少 kJ？(H = 1.0；C = 12.0)



- (A) -5.8×10^3 (B) -2.9×10^3 (C) -1.0×10^3 (D) 2.9×10^3 (E) 5.8×10^3

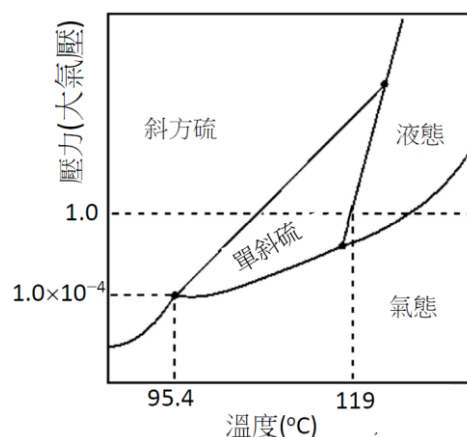
二、複選題（計6題，每題4分，全對才給分，共24分）

1. 在 25°C、1 大氣壓下，某元素 X 以氣態 X₂ 分子存在，具有 158.0、160.0、162.0 三種分子量，其在自然界含量比例分別為 9：12：4。下列哪些敘述是正確的？

- (A) X₂ 的平均分子量為 160.0
(B) 元素 X 的平均原子量為 79.8
(C) 元素 X 具有 ⁷⁹X、⁸⁰X、⁸¹X 三種同位素
(D) ⁷⁹X 同位素佔元素 X 自然界含量的 36%
(E) 相同溫度下，三種不同分子量的 X₂ 氣態分子具有相同動能

2. 相圖用於描述物質在不同溫度和壓力下存在的狀態，右圖是硫元素的相圖，硫有單斜硫與斜方硫兩種固體。下列有關硫的敘述中，哪些是正確的？

- (A) 斜方硫的密度大於單斜硫
(B) 在 90°C 時，單斜硫不穩定
(C) 斜方硫轉變為單斜硫是吸熱過程
(D) 在 1 大氣壓下，加熱斜方硫可昇華為氣態
(E) 在 1 大氣壓下，加熱斜方硫可直接融化為液態



3. 環硼氮烷的化學式為 $B_3N_3H_6$ ，具有 B 與 N 原子交錯鍵結的六環結構，每個 B 與 N 原子鍵結一個 H 原子，為平面分子形狀。下列有關環硼氮烷的敘述中，哪些是正確的？
- (A) 具有共振結構
 (B) 分子間具有氫鍵
 (C) N-H 的鍵長比 B-H 長
 (D) 所含的 B-N 鍵長皆相同
 (E) N-B-N 的鍵角與 B-N-B 的鍵角相同

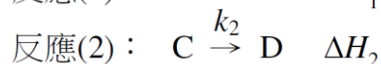
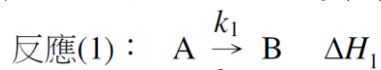
4. 原子失去第一個電子所需的能量稱為第一游離能(IE_1)，繼續失去第二個電子所需的能量為第二游離能(IE_2)，其後續的游離能分別以 IE_3 、 IE_4 ... 表示。X 是週期表上第三列元素，其連續的游離能(kJ/mol)如下：

IE_1	IE_2	IE_3	IE_4	IE_5	IE_6	IE_7	IE_8
999	2251	3361	4564	7013	8495	27108	31669

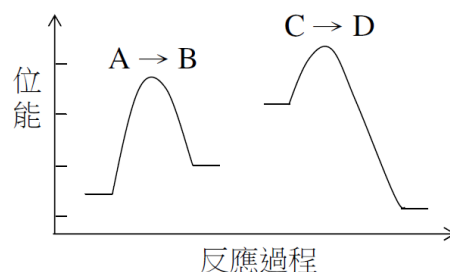
依上述數據判斷，下列有關該元素 X 的敘述中，哪些是正確的？

- (A) 第 16 族元素
 (B) 可形成穩定的 X^- 離子
 (C) 可形成氧化數+7 的化合物
 (D) 價殼層電子的組態為 $3s^2 3p^5$
 (E) 與氧反應可形成 XO_3 的化合物
5. 下列哪些對基態的臭氧(O_3)分子之敘述是正確的？
- (A) 分子呈直線形
 (B) 中間的氧原子之氧化數為+1
 (C) 中間的氧原子以 sp^2 混成軌域鍵結
 (D) 路易斯結構中每個氧原子皆符合八隅體
 (E) 氧原子間(O-O)的鍵長比氧分子(O_2)的短

6. 下列兩個不同反應的反應速率常數(k_1 , k_2)與反應熱(ΔH_1 , ΔH_2)分別如下：



其反應過程的位能變化如右圖所示。下列有關於此兩個反應的敘述，哪些是正確的？



- (A) $\Delta H_1 > \Delta H_2$
 (B) 相同溫度下， $k_1 > k_2$
 (C) 升高溫度，反應(1)的平衡常數增加
 (D) 升高溫度，反應(2)的平衡常數增加
 (E) 溫度從 20°C 增加至 30°C ， k_1 增加的倍數大於 k_2 增加的倍數

三、非選題（計 2 題，共 20 分）

1. 當反應 $A \rightarrow P$ 的反應級數不同時，其 A 的濃度與反應時間的關係如下：

零級反應： $[A]_0 - [A] = kt$

一級反應： $2.3 \times \log \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$

二級反應： $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$

上述公式中的 $[A]_0$ 為反應最初濃度， k 和 t 分別為反應速率常數和時間。

若 A 與 B 進行不可逆反應，其反應式為 $A + B \rightarrow C$ ， $[A]_0$ 與 $[B]_0$ 分別為 A 與 B 的反應最初濃度。下列兩組實驗中，以不同 $[A]_0$ 與 $[B]_0$ 進行反應，測量 $[A]$ 隨反應時間的變化，其數據如下：

實驗1: $[A]_0 = 1.00 \times 10^{-2} \text{ M}$ $[B]_0 = 1.00 \text{ M}$		實驗2: $[A]_0 = 4.00 \times 10^{-3} \text{ M}$ $[B]_0 = 2.00 \text{ M}$	
時間 (秒)	$[A], (\text{M})$	時間 (秒)	$[A], (\text{M})$
0	1.00×10^{-2}	0	4.00×10^{-3}
10	7.07×10^{-3}	10	2.82×10^{-3}
20	5.00×10^{-3}	20	2.00×10^{-3}
30	3.53×10^{-3}	30	1.41×10^{-3}
40	2.50×10^{-3}	40	1.00×10^{-3}
60	1.25×10^{-3}	60	0.05×10^{-3}

依上述 A 與 B 反應的數據，回答以下問題：

- (a) A 與 B 反應的反應速率定律式？ (5 分)
 (b) 承(a)反應速率常數是多少(須標示單位)？ (5 分)

2. 在 25°C 時，氟化鈣(CaF_2)在水中溶解度小，溶解度積(K_{sp})為 4.0×10^{-11} ，可利用溶液的 pH 變化，改變 CaF_2 的溶解度。當在 $\text{pH} = 4.0$ 的緩衝溶液中，加入 CaF_2 的固體，直至呈飽和溶液，計算該飽和溶液的下列性質：

- (a) 溶液中的 $[\text{F}^-]$ 是多少體積莫耳濃度(M)？ (5 分)
 (b) CaF_2 的溶解度是多少(g/L)？ (5 分)
 (在 25°C 時， HF ： $K_a = 7.1 \times 10^{-4}$ ； CaF_2 分子量 = 78.0)

編號： _____

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
化學科決賽

筆試三 考試時間：45 分鐘 編號： _____ 分數： _____

作答區：請將答案寫在下列格子內，否則不予計分

一、單選題（計 16 題，每題 3 分，共 48 分）：

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16

二、多選題（計 6 題，每題 4 分，共 24 分）：

1	2	3	4	5	6

三、非選擇題(計 3 題，共 28 分)：

1.

化合物甲：(2 分)	化合物乙：(2 分)	化合物丙：(2 分)
化合物丁：(2 分)	化合物戊：(2 分)	

2.

A (2 分)
B (2 分)
C (2 分)
D (2 分)

3.

化合物(A): (2 分)	化合物(B): (2 分)	化合物(C): (2 分)
化合物(D): (2 分)	化合物(E): (2 分)	

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
化學科決賽

筆試三

請將答案寫在作答區的格子內，否則不予計分

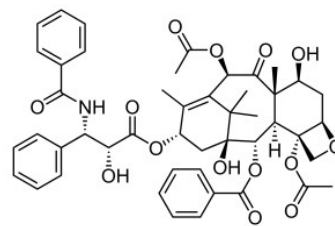
一、單選題，每題 3 分（計 16 題，每題 3 分，共 48 分）

1. 某 1 莫耳的碳氫化合物(分子式 C_9H_{14})，恰可與 1 莫耳的氫氣在觸媒的助益下反應，得一烷類化合物，則此分子的結構中，有幾個環存在？
(A) 0 (B) 1 (C) 2 (D) 3 (E) 4
2. 下列哪一個分子，其碳鍵結方式具有 3 種不同的混成軌域 (sp , sp^2 及 sp^3)？
(A) 1,3-丁二烯
(B) 1,3-丁二炔
(C) 1,4-己二炔
(D) 1,3,5-己三烯
(E) 1,2,4-己三烯
3. 分子式 C_5H_{10} 的異構物中，有幾種可與 $KMnO_4(aq)$ 反應生成沈澱？
(A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6 (E) 7
4. 將 1-甲基環戊醇與濃硫酸反應可得主要的產物甲，化合物甲與 HBr 反應後，可得化合物乙。則下列針對化合物甲與化合物乙的中文系統命名，哪一選項正確？
(A) 化合物甲是甲基環戊烷
(B) 化合物乙是溴甲基環戊烷
(C) 化合物甲是 3-甲基環戊-2-烯
(D) 化合物乙是 1-溴-1-甲基環戊烷
(E) 化合物乙是 1-溴-2-甲基環戊烷
5. 將等莫耳的 1-溴丁烷與 $KCN(aq)$ 混合物加熱完全反應後，所得產物再與 $HCl(aq)$ 反應，最終可得下列哪一化合物？
(A) 正丁胺 (B) 2-丁酮 (C) 正丁酸 (D) 正丁醇 (E) 正丁醯胺

編號： _____

6-8 題組

紫杉醇已證實可治療多種癌症。紫杉醇是由太平洋紫杉的樹皮中分離出來。



紫杉醇

6. 紫杉醇不含有下列哪一個官能基？

- (A) 羰基 (B) 胺基 (C) 烯基 (D) 酯基 (E) 醚基

7. 室溫時，取紫杉醇與 $K_2Cr_2O_7(aq)$ 在酸性條件下反應，則紫杉醇分子中應有多少個羥基被氧化？

- (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5

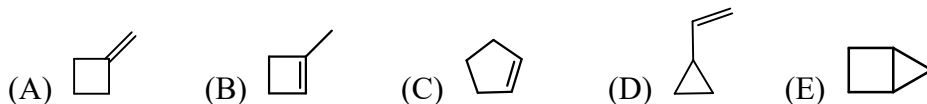
8. 一莫耳紫杉醇與足量的氫氧化鈉共熱後，再經中和水解後，其混合物中應有幾莫耳的羧酸？

- (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5 (E) 6

9. 將乙酸 60 克和乙醇 46 克在酸的催化下反應，得乙酸乙酯 58.7 克。若在同一條件下，將乙酸 60 克與乙醇 230 克混合反應後，應產生乙酸乙酯多少克？

- (A) 16.8 (B) 24.2 (C) 41.8 (D) 62.4 (E) 83.6

10. 環丁基甲醇與濃硫酸反應可得化合物甲，已知甲的分子式為 C_5H_8 ，則下列選項哪一個是化合物甲的結構？



11. 已知某酯類化合物甲(分子量 114) 由碳、氫、氧三元素組成，取此化合物 5.7 克完全燃燒後得 CO_2 13.2 g 及水 4.5 g。另將甲與 $NaOH(aq)$ 反應後，再與酸中和，可得化合物乙及丙，其中乙可被 $KMnO_4$ 氧化為丙酸，則化合物丙應是下列哪一個分子？

- (A) 1-丁醇 (B) 2-丁醇 (C) 丙烯酸 (D) 順-2-丁烯酸 (E) 反-2-丁烯酸

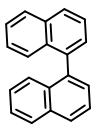
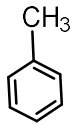
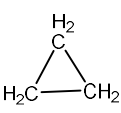
12. 苯與硝酸在硫酸的催化下，所得的產物再與 $Fe / HCl(aq)$ 反應可得化合物甲。將化合物甲中和後可得下列哪一化合物？

- (A) 氯苯 (B) 苯胺 (C) 硝基苯 (D) 苯磺酸 (E) 苯甲酸

13. 乙醯胺可與 POCl_3 反應產生下列哪一個化合物？

- (A) 乙醇 (B) 乙醛 (C) 乙酸 (D) 乙腈 (E) 乙醯氯

14. 下列哪一分子的所有原子均在同一平面上？

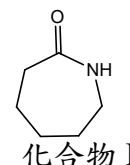
- (A) $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$ (B)  (C) $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$ (D)  (E) 

15. 下列哪一個分子對平流層臭氧的破壞較大？

- (A) CCl_4 (B) CCl_2F_2 (C) CHFCl_2 (D) $\text{CH}_2\text{FCFCl}_2$ (E) $\text{CHClFCCl}_2\text{F}$

16. 在適當的反應條件下，將化合物 I 水解後可得一聚合物，則此聚合物的結構與下列選項中的哪一聚合物相似？

- (A) 聚乙烯 (B) 聚苯乙烯 (C) 聚氯乙烯 (D) 達克綸 (E) 耐綸



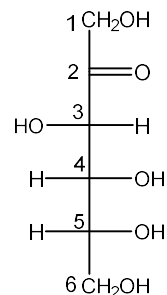
二、多選題（計 6 題，每題 4 分，全對才給分，共 24 分）：

1. 下列有關芳香烴的敘述，哪些選項正確？

- (A) 二氯苯有三種異構物
(B) 苯與氯甲烷反應生成甲苯
(C) 苯與溴可行加成反應生成 $\text{C}_6\text{H}_6\text{Br}_2$
(D) 甲苯可與溴在照光的情況下，反應生成 2-溴甲苯
(E) 乙炔可以在適當的條件及催化劑的助益下生成苯

2. 有關化合物 II 的敘述，下列哪些選項正確？

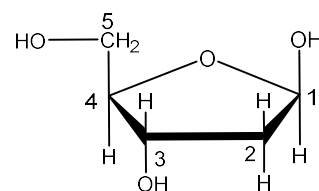
- (A) 化合物 II 為醛糖
(B) 化合物 II 為還原糖
(C) 化合物 II 可在鹼性溶液中轉成醛糖
(D) 化合物 II 可在酸性溶液中轉成醛糖
(E) 化合物 II 可與碘在鹼性溶液中反應再中和後，生成羧酸



化合物 II

3. 針對 1-戊炔的反應，下列敘述哪些正確？
- (A) 1-戊炔可與 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 在鹼性條件下產生沈澱
 - (B) 1-戊炔可與碘甲烷在鹼性條件下反應得 2-己炔
 - (C) 1-戊炔可與水在酸性的條件下反應得到 2-戊酮
 - (D) 1-戊炔可與一莫耳的溴反應得到 1,2-二溴戊烷
 - (E) 1-戊炔可與 KMnO_4 (aq) 在鹼性條件下加熱，反應完成後再與酸混合加熱後可得 1 莫耳的羧酸
4. 下列有關醇、醛、酮的敘述哪些正確？
- (A) 二級醇可被氧化成酮
 - (B) 丙醛的沸點比丙酮高
 - (C) 1-丁醛與 2-丁酮互為同分異構物
 - (D) 當與 ZnCl_2 (aq) / HCl (aq) 反應時，一級醇的反應比三級醇快
 - (E) 丁醇與過錳酸鉀的鹼性溶液反應，經中和後的產物可與多倫試液產生銀鏡反應
5. 下列有關高分子的敘述，哪些正確？
- (A) 氯乙烯聚合可得 PS 塑膠
 - (B) 乙炔聚合時所得聚乙炔可以導電
 - (C) 天然橡膠的單體是 2-甲基-1,3-丁二烯
 - (D) 單體形成耐綸的鍵結與胺基酸聚合成蛋白質時相似
 - (E) 蛋白質中，其相鄰的肽鏈間可以離子鍵形成螺旋結構

6. 去氧核糖的分子的結構如右，下列有關敘述，哪些正確？



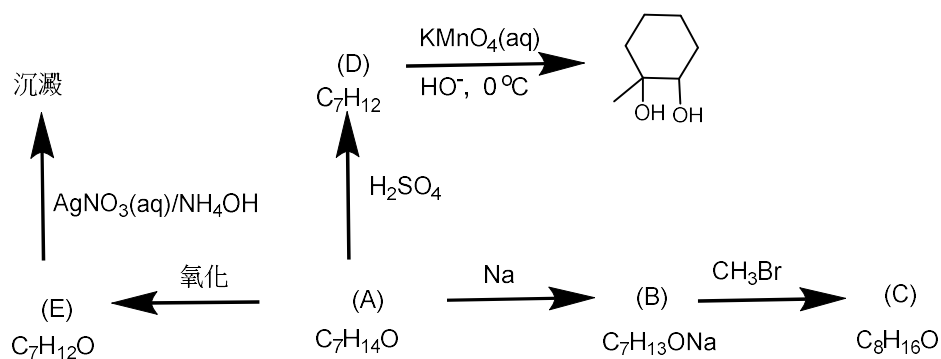
去氧核糖

- (A) 去氧核糖是一種醛糖
- (B) 去氧核糖易溶於乙醇而不易溶於水
- (C) 磷酸與去氧核糖反應發生在 C1 上的羥基
- (D) 腺嘌呤(鹼基)與去氧核糖的 C3 的羥基反應，生成核苷
- (E) 形成聚脫氧核糖核苷酸分子時，鍵結發生在一個去氧核糖的 C-3-OH 端及另一個去氧核糖的 C-5-磷酸基團上

三、非選擇題（計 3 題，共 28 分）：

- 正丙苯 (C_9H_{12}) 與一當量的溴在照光下可得主要單一溴化產物甲。溴化物甲與 $NaOEt$ 反應得化合物乙 (C_9H_{10})。化合物乙與一當量溴在四氯化碳中反應可得化合物丙 ($C_9H_{10}Br_2$)。化合物丙與足量 $KOH_{(aq)}$ 反應可得化合物丁 (C_9H_8)。化合物丁與 H_2O 在酸的催化下反應可得化合物戊 ($C_9H_{10}O$)，試畫出化合物 甲~戊 的結構。(每個 2 分)
- 市面常見的治療疼痛與發燒的藥有阿司匹靈 ($C_9H_8O_4$) 及對-乙醯胺酚 ($C_8H_9NO_2$)。試回答此二種藥物的相關問題。
 - 如何以最簡易的方法區別這二種藥品。(2 分)
 - 阿司匹靈及對-乙醯胺酚可分別由柳酸及對-胺基苯酚與化合物 Z 反應而得，試畫出化合物 Z 的結構。(2 分)
 - 試比較二者的熔點的高低，並以二者的化學結構解釋熔點差異。(2 分)
 - 試比較二者在水中溶解度的高低，並以二者的化學結構解釋溶解度差異。(2 分)

- 試畫出下列 (A) 至 (E) 的結構。(每個 2 分)



編號：_____

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
化學科決賽

筆試四 考試時間：45 分鐘 編號：_____ 分數：_____

作答區：請將答案寫在下列格子內，否則不予計分

一、單一選擇題（計 4 題，每題 5 分，共 20 分）：

1	2	3	4

二、多重選擇題（計 6 題，每題 5 分，共 30 分。全對才給分。）：

1	2	3	4	5	6

三、非選擇題(計 3 題，共 50 分)：

1	(a) 2 分
	(b) 2 分

1

(c) 4 分

(d) 2 分

(e) 2 分

1

(f) 2 分

(g) 2 分

(h) 4 分

2

(a) 4 分

(b) 4 分

(c) 3 分

(d) 4 分

3

(a)6 分

(b) 3 分

(c)6 分

109 學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽化學科決賽筆試四

請將答案寫在作答區的格子內，否則不予計分

一、單一選擇題（計 4 題，每題 5 分，共 20 分）

1. 某公司出產的飲用礦泉水中，鈣離子的含量是每公升 80 毫克(mg)、鎂離子的含量是每公升 26 毫克(mg)、鈉離子的含量是每公升 6.5 毫克(mg)、鉀離子的含量是每公升 6.5 毫克(mg)，其總金屬體積莫耳濃度是若干 M? (鈉分子量 23，鎂分子量 24，鉀分子量 39，鈣分子 40)
(A) 4.5×10^{-4} (B) 9.4×10^{-4} (C) 1.5×10^{-3} (D) 2.0×10^{-3} (E) 3.5×10^{-3}
2. $a \text{ HNO}_3 + b (\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + c \text{ Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow 1 (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{ MoO}_3 + d \text{ NH}_4\text{NO}_3 + e \text{ NaNO}_3 + f \text{ H}_2\text{O}$ 方程式中 a、b、c、d、e、f 表係數，則下列 $a + b + c + d + e + f = ?$
(A) 65 (B) 66 (C) 73 (D) 74 (E) 77
3. 甲、乙、丙三種物質均為單質子的弱酸，配製三者的水溶液，濃度均為 0.1 M。甲的游離常數為 1.8×10^{-5} ，乙的游離百分率為 0.8%，丙的 pH 值為 2.8，下列選項中溶液的酸性強弱關係，何者正確？
(A) 甲 > 乙 > 丙 (B) 甲 > 丙 > 乙 (C) 乙 > 甲 > 丙 (D) 丙 > 甲 > 乙 (E) 乙 > 丙 > 甲
4. 在 25°C 下，於一千億(10^{11})個水(H_2O)分子中有多少個水分子解離？
(A) 18 (B) 180 (C) 1800 (D) 18000 (E) 180000

二、多重選擇題（計 6 題，每題 5 分，共 30 分。全對才給分。）

1. 同位素為特定化學元素中具有相同原子序，其原子之質子數目相同，但中子數目卻不同。鉛原子數 82，有四種自然的、穩定的同位素：Pb-204、Pb-206、Pb-207 和 Pb-208，原子量為 207.2。下表列出鉛(Pb)元素於自然界中四種主要同位素之含量資訊。下列何者正確？
(提示：Pb-204、Pb-206、Pb-207 和 Pb-208 自然豐度總和在此處為 100%)

	自然界豐度
^{204}Pb	1.4%
^{206}Pb	未知 X%
^{207}Pb	未知 Y%
^{208}Pb	52.4%

- (A) ^{206}Pb 之中子數為 124
- (B) ^{208}Pb 在所有的穩定同位素中，質量數最大。
- (C) $X + Y = 44.2$
- (D) 未知 $X = 24.1$
- (E) 未知 $Y = 23.6$

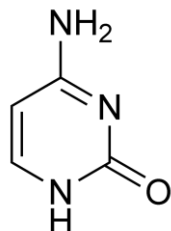
2. 磷酸(H_3PO_4)為三元酸，可解離出三個氫離子，因此可形成三種不同的酸根，分別是：磷酸二氫根 H_2PO_4^- 、磷酸氫根 HPO_4^{2-} 以及磷酸根 PO_4^{3-} ，且其對應之 K_a 值分別為 7.1×10^{-3} ； 6.3×10^{-8} 與 4.5×10^{-13} 。已知一磷酸水溶液之 pH 為 2.25。若 $[A] (\text{mol/L}) = [\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}]$ ，則下列哪些正確？

- (A) $[A] = 0.01 (\text{M})$
- (B) $[\text{H}_3\text{PO}_4]/[A] = 43.1\%$
- (C) $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ 為最主要之產物
- (D) $[\text{HPO}_4^{2-}]/[A] = 6.20 \times 10^{-4} \%$
- (E) $[\text{PO}_4^{3-}]/[A] = 1.34 \times 10^{-10} \%$

3. 下列有關膠體性質的敘述，何者錯誤？

- (A) 膠體中的粒子會發生布朗運動，布朗運動也使得它們不易聚集而沉降。
- (B) 膠體在高溫下可以觀察到廷得耳效應。
- (C) 膠體粒子可以通過吸附離子而帶有電荷，同種膠體粒子帶有相同電荷。
- (D) 當膠體中加入少量電解質溶液時，易形成沉澱。
- (E) 膠體可以通過濾紙與半透膜。

4. 胞嘧啶 (cytosine, C)，學名為 2-羰基-4-氨基嘧啶，是組成 DNA 的四種基本鹼基之一，其結構式如下所示。有關胞嘧啶分子的敘述，何者錯誤？



- (A) 有 4 對孤對電子對
- (B) 有 11 個 σ 鍵與 3 個 π 鍵
- (C) 為非極性分子
- (D) 分子中 N-C-N 鍵角為 109.5 度
- (E) 有分子間氫鍵

5. 下列有關電解的敘述，何者正確？

- (A) 電解時必須使用交流電源。
- (B) 電解過程中，在電極發生化學反應而產生的物質的質量與通過電解質的電量成正比。
- (C) 當相同電量通過不同電解質時，沉積在電極的元素的莫耳數與它的離子所帶的電荷大小成反比。
- (D) 一般所謂的鹼性水，即是淨化後電解分離所得。
- (E) 電解食鹽水及電解熔融的食鹽所得的產物均完全相同。

6. 一溶液含 0.10 M Ce^{3+} 、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ M Ce}^{4+}$ 、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ M Mn}^{2+}$ 、 0.10 M MnO_4^- 與 1.00 M HClO_4 (標準還原電位 (E^0) $\text{Ce}^{4+} \rightarrow \text{Ce}^{3+} = 1.70 \text{ V}$, $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} = 1.507 \text{ V}$)，則下列哪些正確？
- (A) 氧化還原的淨反應平衡式之係數總合為 25 (取最小係數為整數 1)。
- (B) Ce^{4+} 的標準還原電位高於 MnO_4^- ，故此反應是 Ce^{4+} 還原。
- (C) $E^0 = 0.193 \text{ V}$ 。
- (D) 在上述濃度條件下，計算該溶液電位 $E = -0.02 \text{ V}$ 。
- (E) 如果 Ce^{3+} , Ce^{4+} , Mn^{2+} , MnO_4^- 的濃度保持不變，在 298 K 下， $\text{pH} = 0.21$ 可恰使反應達平衡。

三、非選擇題(計 3 題，共 50 分)：

1. 利用萃取與光譜的方法可以決定一單質子有機酸(以 HA 表示)的解離常數(K_a)及其在有機與水層的分配係數(K_d)。有機酸進行萃取時，假設只有 HA 可溶於有機層(O)，其濃度為 $[\text{HA}]_o$ ；而 HA 和 A^- 則同時存在於水層，其濃度分別為 $[\text{HA}]$ 和 $[\text{A}^-]$ 。分配係數定義為 $K_d = [\text{HA}]_o / [\text{HA}]$ ，而萃取效率 q 則定義為物質被萃取至有機層的百分比。在稀釋溶液中，濃度之測定可由比爾定律 (Beer's law) 求得，其關係式如下：

$$A = \epsilon b C$$

A ：吸光度 (吸收值)

ϵ ：該物質之吸光係數 (莫耳吸收值)

b ：光徑長 (本實驗為 1.00 cm)

C ：溶液濃度

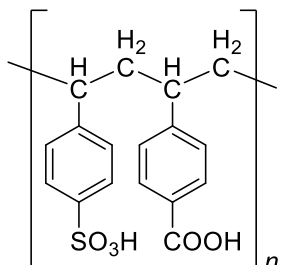
本題在進行吸收值測定時，都使用雙光束吸收光譜儀及 1.00-cm 的溶液槽。根據下面的實驗結果，回答下列各題。

- (1) 測定 1.00 mM 、 $\text{pH } 4.00$ 之該有機酸水溶液(此時可視為幾乎都以酸式存在)在 315 nm 及 400 nm 之吸收值，分別得到 0.996 和 0.062 。
 - (2) 測定 1.00 mM 、 $\text{pH } 11.00$ 之該有機酸水溶液(此時可視為幾乎都以鹼式存在)在 315 nm 及 400 nm 之吸收值，分別得到 0.044 和 0.584 。
 - (3) 取 4.00 mM 、 $\text{pH } 8.00$ 之該有機酸水溶液 10.0-mL ，用 15.0-mL 的有機溶劑萃取，使其分為水層與有機層。測定水層在 315 nm 及 400 nm 之吸收值，分別得到 0.264 和 0.776 。
- (a) 求 HA 在 315 nm 及 400 nm 之莫耳吸收值($\text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)。(2 分)
 - (b) 求 A^- 在 315 nm 及 400 nm 之莫耳吸收值($\text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)。(2 分)
 - (c) 求萃取後，水層之 HA 及 A^- 的濃度(M)。(4 分)
 - (d) 求萃取後，有機層之 HA 濃度(M)。(2 分)
 - (e) 求該有機酸的解離常數 K_a 。(2 分)
 - (f) 求該有機酸在有機層與水層之分配係數 K_d 。(2 分)
 - (g) 求該有機酸被萃取至有機層之萃取效率 q 。(2 分)
 - (h) 導出萃取效率 q 與 K_a 、 K_d 、 $[\text{H}^+]$ 及有機層與水層的體積比(R)間的關係。(4 分)

2. 陽離子交換樹脂之鐵交換容量

離子交換樹脂為多孔材料，通常呈小珠狀，表面具有可進行離子交換的官能基。當溶液中之離子發生結合時，樹脂會釋出其他離子。例如，海水樣品中之陽離子發生結合時，會伴隨等當量之氫離子的釋出，這些氫離子原本是結合在陽離子交換樹脂表面之磺酸基團中。

考慮下圖之陽離子交換樹脂(catex A)的結構。因 n 值極大，在下面之計算中，可忽略兩端之氫原子。



Catex A 之結構

(a)計算硫和碳之重量百分比。(4分)

(b)分別計算 SO_3H 基(強 catex) 和 COOH 基 (弱 catex)之理論離子交換容量 Q_m ，以乾 catex 所含之量 mmol g^{-1} 表示。(4分)

(c)計算總離子交換容量， $Q_{m,\text{total}}$ ，以 mmol g^{-1} 表示。(3分)

離子交換樹脂通常會因水合而膨脹，亦即小珠的體積會因極性離子交換官能基之水合而顯著改變。

(d)計算膨脹樹脂的總離子交換容量， $Q_{V,\text{total}}$ ，以 mmol cm^{-3} 表示。空體積和總體積的比例為 $\varepsilon = 0.48$ ，膨脹樹脂之密度為 $\rho = 1.28 \text{ g cm}^{-3}$ ，結合在樹脂之水的重量比為 $w = 0.45$ 。(4分)

3. 氮氧化物和氮氧酸根離子

氮主要在大氣中。地殼中只有微量(0.002%質量)的氮。唯一重要的含氮礦物為硝酸鈉(智利硝石)和硝酸鉀(硝石)。硝酸鈉(NaNO_3)和相近的亞硝酸鈉(NaNO_2)是兩種食品防腐劑。具有非常相似的化學式，但不同的化學性質。硝酸鈉可防止細菌在食物上成長。亞硝酸鈉是一種強氧化劑，作為肉類防腐劑。如同任何食品添加劑或防腐劑，硝酸鈉會造成某些人不適反應。

(a)畫出這兩個鹽類的陰離子之路易斯結構，包括所有可能的共振形式。這兩個陰離子中，哪一個的 $\text{N}-\text{O}$ 鍵之鍵長較短。(6分)

(b)鋅會在鹼性溶液中將 NO_3^- 還原成 NH_3 ，並形成四氫氧基鋅(II)離子($\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$)。寫出在鹼性溶液鋅與氮反應之平衡反應式。(3分)

(c)現要分析一個僅含有 NaCl 和 NaNO_3 的混合物中硝酸鈉含量。將 5.00 g 的這種混合物溶解於水，最終體積為 100 mL，然後取 10 mL 的溶液在鹼性條件下與鋅反應。在反應過程中產生的氮被導入 50.0 mL 0.150 M 的 HCl 溶液。多餘的 HCl 需要 25.0 mL 0.100 M 之氫氧化鈉溶液才能中和。求硝酸鈉在固體樣品的質量百分比(%)。(6分)