

第一部分：單選題(占 80 分)

說明：第1題至第50題，每題4個選項，其中只有一個是最適當的選項，畫記在答案卡之「選擇題答案區」。各題答對得1.6分，未作答、答錯、或畫記多於1個選項者，該題以零分計算。

1. 在一密閉容器中，考慮化學反應 $2A(g) + B(g) \rightarrow 3C(g) + D(g)$ ，反應熱 $\Delta H < 0$ 。下列敘述何者不正確？

- (A) 反應達平衡時，平衡常數 $K = \frac{[C]^3[D]}{[A]^2[B]}$
(B) 若降低溫度，則平衡常數變大
(C) 此化學反應為放熱反應，所以正反應速率隨溫度降低而增加
(D) 此化學反應的正反應的活化能小於逆反應的活化能

答案：(C)

解析：

- (B) $\Delta H < 0$ 為放熱反應，降低溫度，反應向右移動，所以平衡常數變大。
(C) 溫度降低，正逆反應速率都變小。
(D) 反應熱等於正反應的活化能減掉逆反應的活化能。因為此化學反應 $\Delta H < 0$ ，所以正反應的活化能小於逆反應的活化能。

2. 定溫下，於等體積真空的 A 瓶與 B 瓶中，分別裝入等重量的 $O_2(g)$ 與 $HBr(g)$ ，假設兩者為理想氣體，則下列敘述何者正確？

- (A) 每個 O_2 與 HBr 分子都具有相同的動能
(B) O_2 的分子數目比 HBr 少
(C) A 瓶的壓力比 B 瓶小
(D) A 瓶與 B 瓶中之氣體密度相同

答案：(D)

解析：

- (A) 定溫下，理想氣體分子的動能分布為馬克斯威爾一波茲曼分布，因此並非每個分子的動能都相同。
(B) 相同重量下，分子數目和分子量成反比，所以 O_2 的分子數目比 HBr 多。
(C) $P = nRT/V$ ，壓力與莫耳數(分子數)成正比，所以 A 瓶的壓力比 B 瓶大。
(D) 同重量同體積，所以密度相同。

3. 在定溫定容下，考慮一氣相反應 $2A(g) + 3B(g) \rightarrow C(g) + 4D(g)$ ，經由實驗測得此反應的速率常數為 $1.23 \text{ atm}^{-1} \text{ min}^{-1}$ 。若 P_A 與 P_B 分別表示 A 與 B 之分壓，則下列何者可能為此反應之速率定律？

- (A) $R = k P_A$
(B) $R = k P_B^2$
(C) $R = k P_A^2 P_B$
(D) $R = k P_A^2 P_B^3$

答案：(B)

解析：

假設速率定律為 $R = k P^n$ ，則 $k = R/P^n$ ，反應速率 R 的單位是 $\text{atm}^1 \text{ min}^{-1}$ ，因此速率常數 k 的單位為 $\text{atm}^{1-n} \text{ min}^{-1}$ 。此氣相反應速率常數的單位是 $\text{atm}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ，所以 $1 - n = -1$ ，可得 $n = 2$ ，故可能的速率定律為(B)。

4. 考慮液態的氬、氦與苯，下列有關分子間作用力的敘述，何者不正確？

- (A) 苯分子間具有氫鍵
- (B) 氬分子間具有分散力
- (C) 氦分子間具有氫鍵
- (D) 氦分子間具有偶極作用力

答案：(A)

解析：

- (A) 苯分子間無氫鍵。
- (B) 非極性分子會因為瞬間電荷分布不均，而於分子間產生分散力。
- (C) NH_3 分子中，H 接在 N 上，可產生分子間氫鍵。
- (D) 極性分子與極性分子間會產生偶極作用力。

5. 考慮氫原子中的 s 軌域，下列敘述何者不正確？

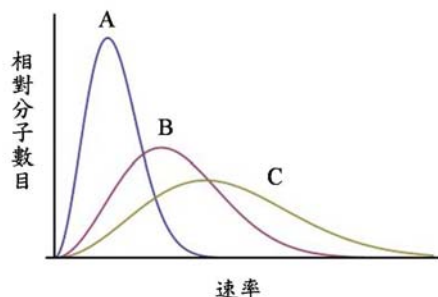
- (A) 當主量子數 n 增加時，軌域的能量增加
- (B) 當主量子數 n 增加時，在原子核附近發現電子的機率增加
- (C) 其角量子數為 0
- (D) 對每一個主量子數 n，都只有一個 s 軌域

答案：(B)

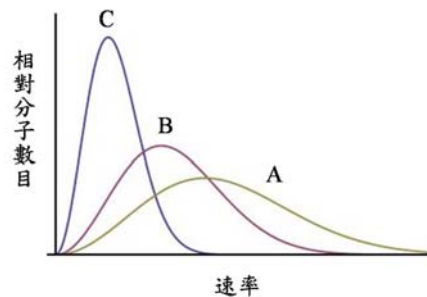
解析：(B) 當主量子數 n 增加時，在原子核附近發現電子的機率減少。

6. 考慮三種不同的單原子理想氣體分子，其分子量的大小關係為 $A > B > C$ ，在同溫下，氣體分子 A、B 與 C 的運動速率與相對分子數目的分布關係圖，下列何者正確？

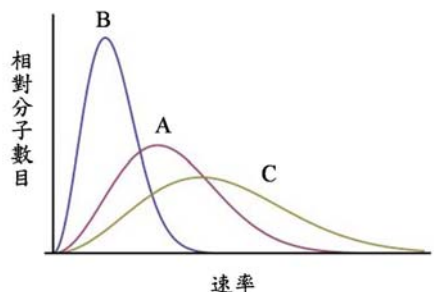
(A)



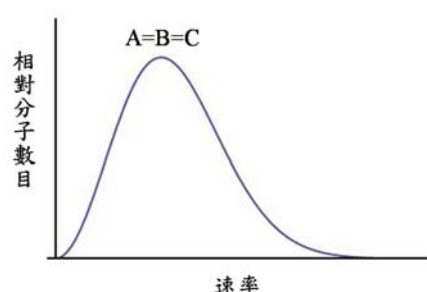
(B)



(C)



(D)



答案：(A)

解析：

在同溫下，分子的平均運動速率 $v \propto \sqrt{\frac{T}{M}}$ ，與分子量的平方根成反比，因為分子量 $A > B > C$ ，

所以分子的平均運動速率 $v_A < v_B < v_C$ 。

7. 有關物質的特性，下列敘述何者正確？

- (A) CO_2 的分子量比 H_2O 大，所以在常溫常壓下， CO_2 分子間作用力比 H_2O 分子間作用力強
- (B) 氣體在水中溶解度隨溫度的上升而增加
- (C) 液體的飽和蒸氣壓隨溫度的上升而增加
- (D) 以半透膜隔開食鹽水與純水，則鈉離子與氯離子會滲透到純水而產生滲透壓

答案：(C)

解析：

- (A) H_2O 分子間有氫鍵，因此 H_2O 分子間作用力比 CO_2 分子間作用力強，所以在常溫常壓下， CO_2 為氣態， H_2O 為液態。
- (B) 氣體在水中溶解度隨溫度的上升而降低。
- (D) 水分子由純水滲透到食鹽水而產生滲透壓。

8. 有關電子和原子的性質，下列敘述何者不正確？

- (A) 由陰極射線的實驗結果推定電子為原子所含的基本粒子
- (B) 硫的原子半徑比鋁的原子半徑大
- (C) 鉀原子的第一游離能比鈣原子的第一游離能小
- (D) 碳原子在基態時的電子組態，有兩個未成對的電子

答案：(B)

解析：

- (B) 原子半徑 $\text{Al} > \text{S}$ 。
- (C) 第一游離能 $\text{Ca} > \text{K}$ 。
- (D) 碳原子基態的電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^2$ ， $2p$ 軌域的電子分別填在不同的 $2p$ 軌域，所以碳原子有兩個未成對電子。

9. 有關分子和離子化合物的性質比較，下列何者正確？

- (A) 極性大小： $\text{CH}_3\text{I} > \text{CH}_3\text{F}$
- (B) 沸點高低： $\text{HI} > \text{HF}$
- (C) 沸點高低： $\text{CF}_4 > \text{CBr}_4$
- (D) 熔點高低： $\text{NaF} > \text{NaI}$

答案：(D)

解析：

- (A) 因為 F 的電負度最大，所以和 I 相比，C-F 鍵的極性較大，因此 CH_3F 極性較大。
- (B) HF 分子間有氫鍵，所以沸點較高。
- (C) 分子量大，電子數多，愈易形成瞬間極化現象，所以凡得瓦力愈大，沸點愈高，因此 CBr_4 沸點較高。
- (D) 離子鍵的強度與陰陽離子電荷乘積成正比，與陰陽離子的距離(半徑和)成反比。鹵化鈉晶體的陰陽離子帶電量均相同，離子半徑愈小者，離子鍵愈強，熔點愈高，因此 NaF 熔點較高。

10. 將 1 莫耳的理想氣體，填入真空密閉容器 A 中，容器 A 的體積為 V_A ，測得其壓力 P_A (atm) 與溫度 t ($^\circ\text{C}$) 之關係式為 $P_A = xt + y$ ；若將此 1 莫耳的理想氣體，填入真空密閉容器 B 中，容器 B 的體積為 V_B ，測得其壓力 P_B 與溫度之關係式變為 $P_B = 3xt + z$ 。下列各關係式，何者正確？

(A) $3 V_A = V_B$

(B) $V_A = V_B$

(C) $3 y = z$

(D) $y = z$

答案：(C)

解析：

此理想氣體的莫耳數為 $n = 1$ ，在定體積 V_A 下， $P_A = \frac{R}{V_A}(t + 273) = xt + y$ ，所以 $x = \frac{R}{V_A}$ ， $y = 273\left(\frac{R}{V_A}\right)$ 。在定體積 V_B 下， $P_B = \frac{R}{V_B}(t + 273) = 3xt + z$ ，所以 $3x = \frac{R}{V_B}$ ， $z = 273\left(\frac{R}{V_B}\right)$ 。由 $3x = \frac{R}{V_B}$ ，可得 $3\left(\frac{R}{V_A}\right) = \frac{R}{V_B}$ ，因此 $V_A = 3V_B$ 。另外 $z = 273\left(\frac{R}{V_B}\right) = 273\left(\frac{3R}{V_A}\right) = 3y$ ，可得 $3y = z$ 。

11. 下列有關物質的量的敘述何者正確？

(A) 惟有在常溫常壓下，氯氣的莫耳質量是 71 克

(B) 1 莫耳 H_3PO_4 含有 3 莫耳氫元素

(C) H_2SO_4 的莫耳質量是 98 amu

(D) 2 克氫氣所含的原子數目約為 3.01×10^{23}

答案：(D)

解析：**元素為一集合名詞，在化學計量要用原子來精確描述**

(A) 莫耳質量與狀態無關。

(B) 1 莫耳 H_3PO_4 應含有 3 莫耳氫原子。

(C) H_2SO_4 的莫耳質量為 98 克。

(D) 2 克氫氣的量為 0.5 莫耳，含有的原子數目約為 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$ 。

12. 20 世紀 70 年代，人們開始注意到空氣中懸浮物與健康問題之間的關係，PM2.5 是指空氣中直徑小於或等於 2.5 微米的細小顆粒物，也稱為可入肺顆粒物；2013 年，國際癌症研究署已將 PM2.5 列為人類致癌物。下列相關敘述何者**不正確**？

(A) 霧霾的形成與汽車的排放有關係

(B) 直徑為 2.5 微米的顆粒與空氣形成的分散系屬於真溶液

(C) 綠能工程有助於防治 PM2.5 污染

(D) PM2.5 表面積大，能吸附大量的有毒和有害物質，吸入體內會影響健康

答案：(B)

解析：(B) 當分散質微粒直徑小於 10^{-9} m 時，形成的分散系是真溶液，所以直徑為 2.5 微米 (2.5×10^{-6} m) 的顆粒物與空氣形成的分散系不屬於真溶液。

13. 下列反應中，何者的淨離子反應式為 $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$ ？

(A) 固體 $Cu(OH)_2$ 和 H_2SO_4 溶液反應

(B) 澄清石灰水和 HNO_3 溶液反應

(C) KOH 溶液和醋酸溶液反應

(D) $Ba(OH)_2$ 溶液和 H_2SO_4 溶液反應

答案：(B)

解析：

(A) $Cu(OH)_2$ 難溶於水，不會解離出 OH^- 。

(C) 醋酸根在水溶液中會進行水解反應。

(D)除了酸鹼反應也會產生 BaSO_4 沉澱。

14. 下列的實驗方法何者**無法**分辨碳酸鈉與碳酸氫鈉的固體？

- (A) 分別取等質量的兩固體與足量稀鹽酸充分反應、加熱、蒸乾後稱重
- (B) 分別取兩固體溶於水，滴加氫氧化鋇溶液，觀察是否有沉澱生成
- (C) 分別加熱兩固體，將釋放出的氣體導入澄清石灰水中
- (D) 分別取兩固體各 1 克置於一試管中，滴入幾滴水後搖盪試管後用手觸摸試管底部感受溫度的變化

答案：(B)

解析：

(A)等質量的兩固體莫耳數不同，因此反應後生成物的質量也不同，所以可用來區別兩種固體。

(B)氫氧化鋇加入兩溶液中皆會產生碳酸鋇沉澱，所以無法用來區分兩固體。

(C)碳酸鈉受熱不會分解，但碳酸氫鈉受熱會分解產生二氧化碳，所以可分辨。

(D)碳酸鈉和碳酸氫鈉溶於水時的熱效應不同，因此可用來區分兩固體。

(B)實際試驗發現碳酸氫鈉與氫氧化鋇溶液混合確實會沉澱

(D)經實際試驗熱反應會不同

15. 足量銅粉與一定量濃硝酸反應產生藍色硝酸銅溶液及 NO_2 、 N_2O_4 和 NO 的混合氣體，收集此三種氣體，並於標準狀況下通入 1.68 L 的 O_2 充分混合後再通入水中，所有氣體完全被水吸收並生成硝酸。若將 5 M 的 NaOH 溶液加入所得硝酸銅溶液中，直到 Cu^{2+} 恰好完全沉澱，則需要多少毫升的 NaOH 溶液？

- (A) 15 mL
- (B) 30 mL
- (C) 45 mL
- (D) 60 mL

答案：(D)

解析：硝酸的量在反應過程前後沒有改變，即銅失去的電子全部轉移給 O_2 ，因此， $n(\text{Cu}) \times 2 = m(\text{O}_2) \times 4$ ， $2 \times n(\text{Cu}) = \frac{1.68 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4$ ，得知 $n = 0.15 \text{ mol}$ ，所以共有 0.15 mol 的 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 產生，因此欲使 Cu^{2+} 完全變成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉澱則需加入 0.30 mol 的 NaOH 溶液，即 60 mL 的 5 M NaOH 溶液。

題目已說明全部變為 HNO_3 不需考慮其它反應

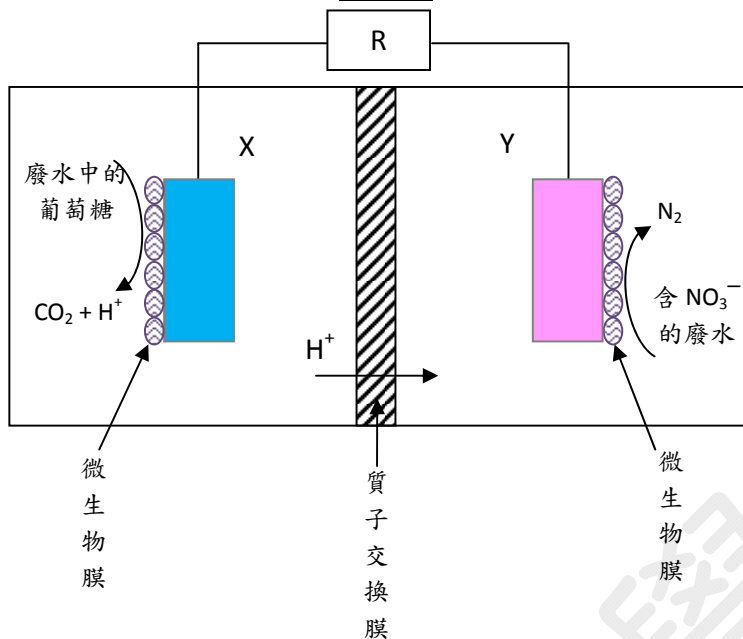
16. 在可逆反應 $2 \text{A}(\text{g}) + 3 \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons x \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ 中，已知反應開始時只有 5 mol L^{-1} 的 A 和 3 mol L^{-1} 的 B；前 2 分鐘 C 的平均生成速率為 $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ 。在 2 分鐘時，測得 D 的濃度為 0.5 mol L^{-1} 。下列有關此反應的敘述何者正確？

- (A) 在 2 分鐘時，A 和 B 的濃度比為 5 : 3
- (B) $x = 1$
- (C) 在 2 分鐘時，B 的濃度為 1.5 mol L^{-1}
- (D) 反應前 2 分鐘，A 所消耗濃度為 0.5 mol L^{-1}

答案：(C)

解析：反應前 2 分鐘，C 的平均反應速率為 $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ，則 C 的濃度為 1.0 mol L^{-1} 。在 2 分鐘時，D 的濃度為 0.5 mol L^{-1} 得知 C 的係數為 2，所以(B)不正確。反應前 2 分鐘，A 和 B 所消耗的濃度分別為 1.0 mol L^{-1} 和 1.5 mol L^{-1} ，所以(D)不正確，因此剩餘的 A 和 B 的濃度分別為 4 mol L^{-1} 和 1.5 mol L^{-1} ，(C)正確，所以在 2 分鐘時，A 和 B 的濃度比為 8 : 3。

17. 一種微生物燃料電池工作原理示意圖如下，微生物膜中的酶為催化劑，X 和 Y 分別為電極。下列有關此電池的敘述何者**不正確**？



- (A) 此電池運作時，可達同時發電和淨化廢水之雙重效果
 (B) X 電極為負極，運作時發生氧化反應
 (C) 正極反應式為 $2 \text{NO}_3^- + 10 \text{e}^- + 12 \text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 (D) 該電池可在 $25 \sim 100^\circ\text{C}$ 的溫度範圍下運作

答案：(D)

解析：(A)此微生物燃料電池利用廢水中的葡萄糖做還原劑， NO_3^- 為氧化劑，既能發電又能淨化廢水。

(B)葡萄糖(還原劑)失去電子被氧化成 CO_2 的電極(X)是電池的負極。

(C) NO_3^- 中+5價的N得到電子生成 N_2 ，留下的氧結合由負極區轉移到正極區的氫離子生成水， $2 \text{NO}_3^- + 10 \text{e}^- + 12 \text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2\uparrow + 6 \text{H}_2\text{O}$ 。

(D)酶是蛋白質，在高溫時會變性而失去催化活性，此微生物燃料電池在高溫下會失效。

18. 為延長糕餅食用有效期，糕餅包裝中常會放置除氧劑；常見的除氧劑成分為鐵粉、氯化鈉、碳粉等，其除氧原理與鐵的吸氧腐蝕原理相同。下列有關除氧劑可延長糕餅食用有效期的敘述何者**正確**？

- (A) 除氧過程是吸熱反應，可降低溫度，可延長糕餅的食用有效期
 (B) 除氧過程中鐵粉相當於電池的正極，電極反應為 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3 \text{e}^-$
 (C) 除氧過程中碳粉相當於電池的負極，電極反應為 $2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$
 (D) 含有 1.12 克鐵粉的除氧劑，在 0°C 及 1 大氣壓下，理論上最多能除去 336 mL 的氧氣

答案：(D)

解析：

(A)除氧過程是放熱反應。

(B)除氧過程中鐵粉相當於電池的負極， $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$ 。

(C)除氧過程中碳粉相當於電池的正極。

(D)生成的 Fe^{2+} 可繼續被 O_2 氧化，故 1.12 克的鐵粉可與 336 mL 的 O_2 反應。

19. 下列關於烴類的敘述何者不正確？

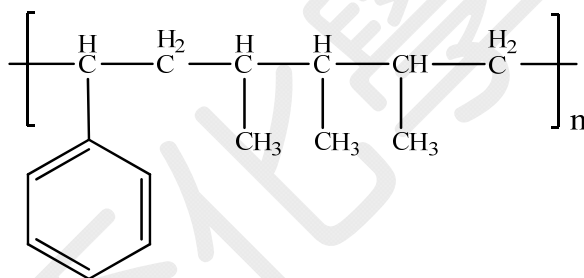
- (A) 無論是乙烯與溴水進行的加成反應，還是乙烯可使酸性 KMnO_4 溶液褪色，都與乙烯分子的碳-碳 π 鍵有關
- (B) 使用含溴的四氯化碳溶液或酸性 KMnO_4 溶液皆可以辨別乙烯和乙烷
- (C) 相同質量的甲烷和乙烯完全燃燒後產生相同質量的水
- (D) 使用多倫試劑可以分辨乙炔和乙烯

答案：(C)

解析：

- (A) 碳-碳 π 鍵較其 σ 鍵活性高，可與溴水進行的加成反應，可被酸性 KMnO_4 溶液氧化並使其褪色。
- (B) 乙烷不會與溴或酸性 KMnO_4 溶液反應，所以不會使兩者褪色，因此可用來分辨乙烯和乙烷。
- (C) 甲烷和乙烯分子中的氫含量不同，因此等質量的甲烷和乙烯完全燃燒後不會產生相同質量的水。
- (D) 乙炔在鹼性條件下與銀離子產生白色乙炔銀沉澱。

20. 某聚合物的結構簡式為



則其組成的單體應為下列哪一種組合？

- ① 苯乙烯 ② 丙烯 ③ 2-丁烯 ④ 1-丁烯 ⑤ 乙烯 ⑥ 苯丙烯

- (A) ①②③
- (B) ①④⑤
- (C) ③⑤⑥
- (D) ②④⑥

答案：(A)

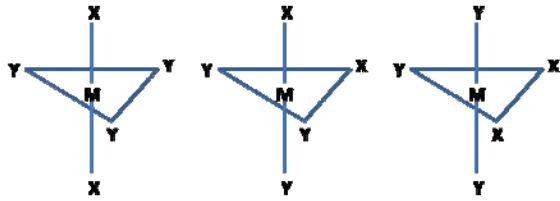
解析：此共聚合物的主鏈上是六個以單鍵相連的碳原子，應將相鄰的兩個碳原子作為一組進行分割，並將同組內的兩個碳原子之間的單鍵改為雙鍵即可，所得單體為苯乙烯、丙烯和 2-丁烯。

21. 五配位的金屬錯合物 MX_2Y_3 若以雙三角錐結構存在時，會有幾種異構物？其中 M、X、Y 分別表示金屬及兩種單牙配位子。

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

答案：(C)

解析：三種異構物結構如下：



22. 在低溫($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$)、高壓(5 atm)下，下列何種分子表現的最像理想氣體？

- (A) NH_3
- (B) SO_2
- (C) N_2
- (D) Cl_2

答案：(C)

解析：選擇分子間作用力最小，沒有偶極與氫鍵，及分子量最小之分子，故選 N_2

23. 當游離一個基態的氫原子所需的電磁波波長為 λ ，則游離一個基態的 He^+ 離子的電磁波波長為何？

- (A) 2λ
- (B) 4λ
- (C) $\lambda/4$
- (D) $\lambda/2$

答案：(C)

解析：因為 He^+ 為類氫離子，故能階為 $E_n = -2.178 \times 10^{-18} J \left(\frac{Z^2}{n^2} \right)$ 。而游離為 $n = 1$ to ∞ ，且 $Z = 2$ ，故所需能量為氫原子的游離能的 4 倍，故波長為原來的 $1/4$ 。

24. 在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.0 \times 10^{-7}\text{ M HCl(aq)}$ 的 pH 為何？($K_w = 1.0 \times 10^{-14}$, $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 7 = 0.845$, $\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$, $\sqrt{5} = 2.236$)

- (A) 7.0
- (B) 7.3
- (C) 6.5
- (D) 6.8

答案：(D)

解析：依照電荷守恆 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] = [\text{OH}^-] + 1.0 \times 10^{-7}$
 $K_w = 10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = ([\text{OH}^-] + 1.0 \times 10^{-7}) [\text{OH}^-]$
 所以可以解出 $[\text{OH}^-] = 10^{-7} (\sqrt{5} - 1) / 2 \approx 6 \times 10^{-8}$
 $\text{pOH} \approx 7.2$, 所以 $\text{pH} = 14 - 7.2 = 6.8$

25. 利用 1.5 安培的電流電解水產生氫氣，在一大氣壓 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下產生 5 公升的氫氣約需花費多少時間？(法拉第常數： 96500 C mol^{-1})

- (A) 10.9 小時
- (B) 7.3 小時

(C) 14.6 小時

(D) 3.6 小時

答案：(B)

解析： $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$

氫氣在常溫常壓可視為理想氣體：

$PV = nRT \rightarrow n = (1 \text{ atm})(5 \text{ L}) / [(0.082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1})(298 \text{ K})] \approx 0.20 \text{ mol H}_2$

所以電子須通過 $2 \times 0.20 \text{ mol} = 0.40 \text{ mol} = 1.5 \text{ C s}^{-1} \times \text{time} / 96500 \text{ C mol}^{-1}$

所以 $\text{time} \approx 26000 \text{ 秒} = 7.3 \text{ 小時}$

26. 以下哪個基態的原子或離子不具有 3d 軌域電子？

(A) Br^-

(B) Ge

(C) Ca

(D) Ga

答案：(C)

解析：

$\text{Br}^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

$\text{Ge}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$

$\text{Ca}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

$\text{Ga}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$

27. 某烴類化合物在足夠量的氧氣下完全燃燒，可生成 7.2 克的水以及 22.0 克的二氧化碳，此烴類可能為下列何物質？

(A) 環戊烷

(B) 戊烷

(C) 戊烯

(D) 環戊烯

答案：(D)

解析：假設此化合物為 C_xH_y ，7.2 克的水為 0.4 莫耳，其中的 H 原子為 0.8 莫耳，而 22.0 克的二氧化碳為 0.5 莫耳，其中碳原子為 0.5 莫耳，故可推論此碳氫化合物的實驗式為 C_5H_8 。而環戊烷為 C_5H_{10} ，戊烷為 C_5H_{12} ，戊烯為 C_5H_{10} ，環戊烯為 C_5H_8 。

28. 下列四種酸中，何者最適合作為酸性條件下氧化還原反應中氫離子的來源？

(A) 鹽酸

(B) 過氯酸

(C) 硫酸

(D) 硝酸

答案：(C)

解析：為避免陰離子干擾氧化還原反應，故選擇氧化或還原能力較弱的酸。鹽酸：具還原力；過氯酸：具有強氧化力；硫酸：氧化能力較弱；硝酸：具有強氧化力

29. 室溫下，在二氧化錳存在時，雙氧水可被加速分解成水以及一個雙原子分子。下列敘述何者正確？

(A) 二氧化錳為催化劑，故過程中不參與此化學反應

- (B) 化學反應產生之雙原子分子為氫氣
 (C) 二氧化錳會被還原成錳原子
 (D) 若不使用二氧化錳，則雙氧水在室溫下依然會進行上述的分解反應

答案：(D)

解析：於室溫下， H_2O_2 即會分解，產生水及氧氣。 MnO_2 為催化劑並會涉及化學反應，但是反應前後組成不變，故不會產生 Mn。

30. 以下為學生討論有關二氧化碳減量議題時所得到的結論：

- ① 汽機車排放的二氧化碳是造成酸雨的元兇
 ② 二氧化碳的排放加速臭氧層的破壞
 ③ 降低二氧化碳排放將有助降緩和溫室效應

上述結論哪些不正確？

- (A) ①②
 (B) ①③
 (C) ②③
 (D) ①②③

答案：(A)

解析： CO_2 非酸雨的主因，而氟氯碳化物光解後產生的鹵素原子為破壞臭氧層的主因，而 CO_2 為一種溫室氣體，故降低其濃度將有效緩和溫室效應。

31. 有一弱酸(HA) 0.10 克溶於 500.0 克的水中，經測量得知此溶液的凝固點為 -0.0056°C 。已知 HA 的分子量為 100.0 g/mol，水的莫耳凝固點下降常數 K_f 為 $1.86^\circ\text{C}/\text{m}$ ，於此條件下 $\text{HA}(\text{aq})$ 的重量莫耳濃度得近似於體積莫耳濃度，則 HA 的解離常數約為多少？

- (A) 5.0×10^{-4}
 (B) 1.0×10^{-3}
 (C) 2.0×10^{-3}
 (D) 2.5×10^{-3}

答案：(B)

解析：

HA 之重量莫耳濃度 $(C_m) = (0.10/100.0) / 0.5000 = 0.0020 \text{ m}$

$\Delta T_f = i \times C_m \times K_f$

van't Hoff 因子 $i = \frac{0.0056}{0.0020 \times 1.86} = 1.5$



平衡時 0.0020-x x x

平衡時粒子總濃度 = $0.0020 + x = (1.5) \times 0.0020$

$x = 0.0010 \text{ m}$ ，故 $[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = 0.0010 \text{ m} \approx 0.0010 \text{ M}$

$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{0.0010 \times 0.0010}{0.0020 - 0.0010} = 1.0 \times 10^{-3}$

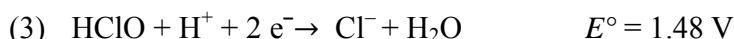
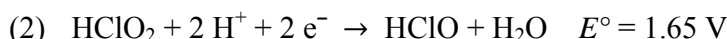
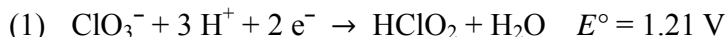
32. 下列有關鹵素分子、鹵素離子和其氫化物相關性質之敘述何者正確？

- (A) 水合所放出能量大小 $\text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$
 (B) 酸性強度 $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr} > \text{HI}$
 (C) 標準還原電位大小 $\text{Cl}_2 > \text{F}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$
 (D) 鍵能大小 $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

答案：(A)

解析：F⁻的電荷密度最高，故水合會放出最多能量(水合能(ΔH°)為 F⁻：-510 kJ/mol, Cl⁻：-366 kJ/mol, Br⁻：-334 kJ/mol, I⁻：-291 kJ/mol)；因 H-F 鍵能最強且有很強的分子間氫鍵，不易解離出 H⁺，所以酸性強度為 HI > HBr > HCl > HF；F₂ 的氧化能力最強，標準還原電位最高，其順序為 F₂ > Cl₂ > Br₂ > I₂；當鍵數相同時，通常鍵長愈長其鍵能愈小，但因 F 原子小，F₂ 中的電子排斥力大，降低了 F-F 鍵能，使得鍵能大小順序為 Cl₂ > Br₂ > F₂ > I₂；故本題答案為(A)

33. 根據以下的標準還原電位數據，則下列敘述何者正確？



(A) Cl₂ 的氧化能力比 HClO 強

(B) 反應 $\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{HClO} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 的電位 E° 為 0.17 V

(C) 反應 $2\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{HClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 之電位 E° 為 2.42 V

(D) HClO₂ 可進行自身氧化還原反應

答案：(D)

解析：

(A) Cl₂ 的標準還原電位(1.36 V) < HClO 的標準還原電位(1.48 V)，故 Cl₂ 氧化力較 HClO 弱

(B) 結合反應式(2)(4)可得 $\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{HClO} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 的電位 E° 為 0.29 V

(C) 方程式的係數並不影響 E° 大小，故 $2\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{HClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 之電位 E° 仍為 1.21 V

(D) 結合反應式(1)(2)可得 $2\text{HClO}_2 \rightarrow \text{ClO}_3^- + \text{HClO} + \text{H}^+ \quad E^\circ = 0.44 \text{ V}$

E° 大於 0，表示 HClO₂ 可進行自身氧化還原反應，故答案選(D)

34. 現有一鈷的配位化合物，其含有五個氨分子，一個硫酸根和一個溴離子，其中氨分子皆鍵結於鈷上。於此化合物的水溶液中加入氯化鈣溶液並無反應發生；但若加入硝酸銀溶液則會產生黃色沉澱。根據此實驗結果，下列敘述何者正確？

(A) 此化合物中鈷的氧化數為+2

(B) 於此配位化合物溶液中加入 CaCl₂，會產生沉澱

(C) 此化合物中鈷形成雙三角錐的錯合離子

(D) 此化合物中鈷的混成軌域為 d^2sp^3

答案：(D)

解析：因加入 BaCl₂(aq) 並未產生沉澱，表示 SO₄²⁻ 為配位子與 Co 鍵結，溶於水後不會解離出來；而加入 AgNO₃(aq) 會產生黃色沉澱，應為 AgBr(s)，表示 Br⁻ 並非配位子，故此配位化合物的化學式為 [Co(NH₃)₅SO₄]Br。中心鈷的氧化數為 +3，因 SO₄²⁻ 為配位子，故加入 CaCl₂ 並無 CaSO₄ 沉澱產生，中心鈷為六配位，形成八面體錯合離子，混成軌域為 d^2sp^3 ；故答案為(D)

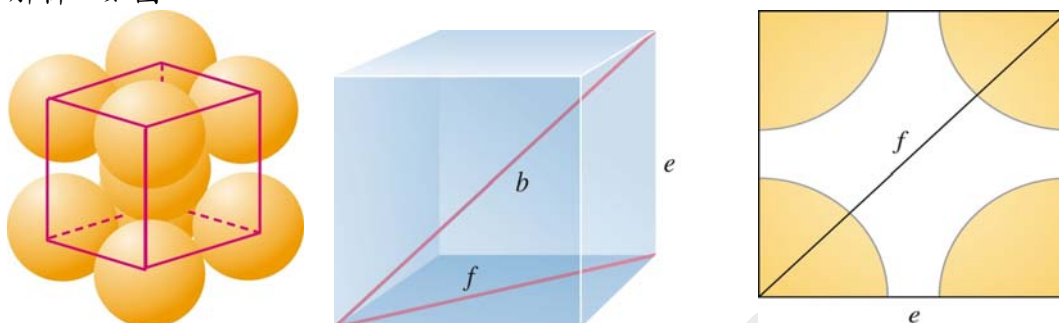
35. 有一金屬原子以體心立方堆積之方式形成晶體結構，若此金屬原子的半徑為 R，則晶體結構中

單位晶格的邊長為何？

- (A) $2R$
 (B) $\sqrt{2}R$
 (C) $\frac{2}{3}\sqrt{3}R$
 (D) $\frac{4}{3}\sqrt{3}R$

答案：(D)

解析：如圖



$$(\text{立方體對角線長 } b)^2 = (\text{邊長 } e)^2 + (\text{面的對角線長 } f)^2$$

$$\text{又 } b = 4R$$

$$f^2 = e^2 + e^2 = 2e^2$$

$$(4R)^2 = 2e^2 + e^2 \Rightarrow e = \frac{4R}{\sqrt{3}} = \frac{4}{3}\sqrt{3}R$$

36. 在 25°C 時，有關 $0.10\text{ M NH}_4\text{ClO}$ 溶液的敘述，下列何者正確？

$$(K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \times 10^{-5}, K_a(\text{HClO}) = 3.5 \times 10^{-8})$$

- (A) 此溶液呈酸性
 (B) 溶液中 $[\text{NH}_3] = [\text{HClO}]$
 (C) 溶液中 $[\text{H}^+] > [\text{ClO}^-]$
 (D) 溶液中 $[\text{NH}_3] = [\text{OH}^-]$

答案：(B)

解析：

因為 NH_3 的 K_b 大於 HClO 的 K_a ，故鹽類 NH_4ClO 溶於水後呈鹼性

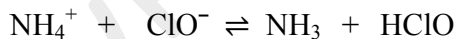
$$\text{由 } \text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+ \quad K_a = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^- \quad K_b = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{3.5 \times 10^{-8}} = 2.9 \times 10^{-7}$$

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$

可求得下列反應的平衡常數，並可得知此反應為溶液中的主要反應

$$\text{NH}_4^+ + \text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HClO} \quad K = \frac{5.6 \times 10^{-10} \times 2.9 \times 10^{-7}}{1.0 \times 10^{-14}} = 1.6 \times 10^{-2}$$



$$0.10-x \quad 0.10-x \quad x \quad x$$

$$\frac{x^2}{(0.10-x)^2} = 1.6 \times 10^{-2}, \quad \frac{x}{0.10-x} = 1.3 \times 10^{-1}, \quad x = 0.012, \quad \text{故溶液中 } [\text{NH}_3] = [\text{HClO}]$$

又由 $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$, $K_a = 3.5 \times 10^{-8}$; $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$; 可得知溶液中 $[\text{ClO}^-] > [\text{H}^+]$, $[\text{NH}_3] > [\text{OH}^-]$

本題必須考慮整個溶液中的所有可能反應，結合所有可能反應得知



有最大的平衡常數，故為溶液中的主要反應，由此平衡式可知溶液中 $[\text{NH}_3] = [\text{HClO}]$ 。

37. 下列哪一組化合物在水中的溶解度均會隨著 pH 值降低而增加？

- (A) CuS, AgF
- (B) Ni(CN)₂, AgBr
- (C) BaC₂O₄, PbI₂
- (D) Hg₂Cl₂, Ca₃(PO₄)₂

答案：(A)

解析：難溶性鹽類在水中若解離出之陰離子能水解產生 OH⁻，則可與 H⁺ 反應增加溶解度，本題中 F⁻, S²⁻, CN⁻, PO₄³⁻, C₂O₄²⁻ 均屬此類，而 Br⁻, I⁻, Cl⁻ 其共軛酸 HBr, HI, HCl 均為強酸，這些陰離子在水中並不會水解產生 OH⁻，故答案為(A)

38. 下表為化合物 AB₂ 在不同初濃度下，分解成 A 和 B (AB₂ → A + 2 B) 的反應初速率：

初濃度[AB ₂] (M)	反應初速率(M/s)
0.20	3.20 × 10 ⁻³
0.40	1.28 × 10 ⁻²
0.60	2.88 × 10 ⁻²

根據此實驗結果，則下列敘述何者正確？

- (A) 此反應之速率常數為 1.6 × 10⁻² s⁻¹
- (B) 當[AB₂]初濃度為 0.10 M 時，則 B 的生成初速率為 1.6 × 10⁻³ M/s
- (C) 當[AB₂]初濃度由 0.40 M 變為 0.80 M 時，其半生期變為兩倍
- (D) 反應中加入催化劑後，並不影響 AB₂ 之半生期

答案：(B)

解析：假設速率定律為 rate = k[AB₂]^m

由①[AB₂] = 0.20 M rate = 3.20 × 10⁻³ M/s

由②[AB₂] = 0.40 M rate = 1.28 × 10⁻² M/s

知 2^m = 4, m = 2, 此反應為二級反應, rate = k [AB₂]²;

(A) 由①可求得速率常數 k = 8.0 × 10⁻² M⁻¹ s⁻¹

(B) 當[AB₂] = 0.10 M 時, 因 $-\frac{\Delta[AB_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{[B]}{\Delta t}$

故 B 的生成初速率 = 2 × 8.0 × 10⁻² × (0.10)² = 1.6 × 10⁻³ M/s

(C) 二級反應之半生期與反應初濃度成反比, 故初濃度加倍則半生期會減半

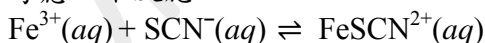
(D) 加入催化劑會使反應速率變快, 半生期縮短

根據反應速率的定義 aA + bB → cC + dD

$$r = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

本題指的反應初速率是 $\frac{\Delta[AB_2]}{\Delta t}$, 並無疑義。

39. 考慮以下反應：



則下列相關敘述何者**不正確**？

- (A) 於溶液中加水, 使體積加倍, 反應平衡位置會向左移
- (B) 於溶液中加水 NaOH 溶液會使反應平衡位置向右移動
- (C) FeSCN²⁺ 於水溶液中呈血紅色
- (D) SCN⁻ 離子為直線形, 其鍵結中具有兩個π鍵

答案：(B)

解析：加水使溶液體積加倍導致各離子濃度減半， $Q = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} >$ 平衡常數 K ，會使平衡位置向左移動；加入 NaOH 會產生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉澱，平衡位置會向左移動； FeSCN^{2+} 在水中為血紅色， SCN^- 結構有兩種共振形式 $[\text{S}-\text{C}\equiv\text{N}]^- \leftrightarrow [\text{S}=\text{C}=\text{N}]^-$ 皆為直線形，有兩個 π 鍵；故答案為(B)

40. 元素 X 的質量數為 79，含有 36 個電子，則下列有關 X 之敘述何者正確？

- (A) X 有 41 個中子
- (B) X 有 38 個質子
- (C) X 的價電子數為 6
- (D) X 可與氟形成共價化合物

答案：(D)

解析：X 有 36 個電子表示亦有 36 個質子，中子數目為 $79 - 36 = 43$ ；由電子數 36 可知 X 為第四週期的鉀 Kr (2, 8, 8, 18)，價電子數為 8； Kr 與 F 可形成 KrF_2 等共價化合物；故答案為(D)

41. 下列何者含有酯類？

- (A) 脂肪酸
- (B) 香蕉油
- (C) 味精
- (D) 福馬林

答案：(B)

解析：脂肪酸為羧酸類，味精為麩胺酸鈉，福馬林為甲醛水溶液。香蕉油主成分為乙酸異戊酯。

42. 重金屬汙染是嚴重的環境保護與食品安全問題，下列何技術可用於檢測樣本中微量(低於 1 ppm)重金屬的種類？

I: 電子顯微鏡; II: 質譜技術; III: 原子光譜

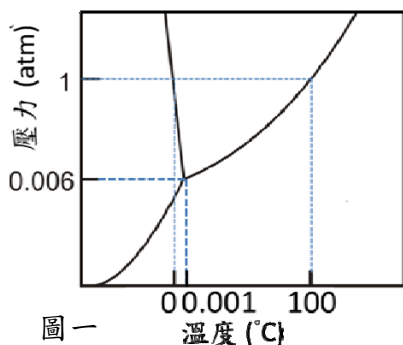
- (A) I、II
- (B) II、III
- (C) I
- (D) II

答案：(B)

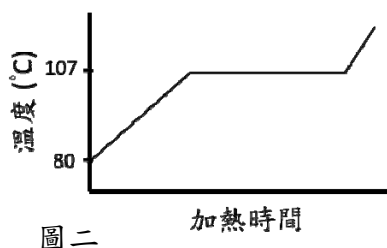
解析：不同金屬離子擁有獨特的質量與軌域能階，故可以質譜技術與原子光譜辨別。此二方式亦為環保署之重金屬檢測法。

43. 圖一為純水之相圖，圖二為某液體利用穩定熱源在等壓下的加熱曲線。下列敘述何者不正確？

- (A) 在壓力大於 1 atm 時，液態純水可在低於 0°C 存在
- (B) 圖二曲線可為水溶液之加熱曲線
- (C) 圖二曲線可為純水之加熱曲線
- (D) 水蒸氣自 150°C 、1 atm 下轉變成固態需經過液態過程



圖一



圖二

答案：(D)

解析：

(A) 由相圖可知，壓力大於 1 atm 時，液態純水可在低於 0 °C 穩定存在。

(B) 甲酸水溶液可於 107 °C 共沸，維持沸點直到完全形成氣態。

(C) 壓力上升，沸點也提升。1.3 atm 時純水沸點為 107 °C。

(D) 若先經過減壓過程，水蒸氣可在降溫後直接形成固態。

D 選項的水蒸氣從題目提供的狀況下，顯然不能在定溫定壓下完成相變化。又圖二為未知液體，”直覺”顯然應以圖一純水的相圖來判斷，學生若在相圖上大致標出起始狀態的位置，即可察覺有多種途徑可到達固相，並無須經過液相。

此題 B 選項測試學生是否具備溶液可形成共沸的觀念，共沸為溶液重要的現象，不論是否為被當作特例都應思考其可能性。

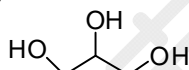
44. 下列何者具有三級醇？

- (A) 甘油
- (B) 新戊醇
- (C) 苯酚
- (D) 2-氟基-2-丙醇

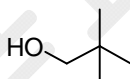
答案：(D)

解析：各分子結構如下

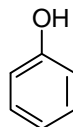
A)



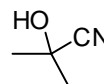
B)



C)



D)



B 為一級醇，A、C 含一級與二級醇，D 為三級醇。

45. 下列鹽類何者在等溫等量的純水中溶解的重量最多？

- (A) AgBr ($K_{sp} = 7.7 \times 10^{-13}$)
- (B) Ag₂CO₃ ($K_{sp} = 6.2 \times 10^{-12}$)
- (C) AgCl ($K_{sp} = 1.6 \times 10^{-10}$)
- (D) Ag₂CrO₄ ($K_{sp} = 9.0 \times 10^{-12}$)

答案：(D)

解析：A、C 為 AgX 鹽類，在純水中溶解度為 $\sqrt{K_{SP}}$ 。B、D 為 Ag₂Y 鹽類，在純水中溶解度為 $\sqrt[3]{\frac{K_{SP}}{4}}$ 。粗略估計發現莫耳溶解度 D 較 B 稍佳，且兩者皆較 A、C 好。因為 D 的式量較 B 高，若以重量計算，D 的溶解度還是最佳。

46. $a \text{Pb}_3\text{O}_4 + b \text{HNO}_3 + c \text{H}^+ \rightarrow d \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + e \text{PbO}_2 + f \text{H}_2\text{O}$ ，試平衡反應式係數，若 $a = 1$ ，則 $a \sim f$ 係數的總和為何？

- (A) $7\frac{2}{3}$
 (B) 10
 (C) 12
 (D) 14

答案：(B)

解析：經過平衡，反應方程式如下



因為電荷需守恆，故 $c = 0$ 。因此係數總和為 10。

47. 鍍鋅處理可有效延長鋼材的壽命，下列解釋哪些正確？

- I: 表面產生氧化鋅，使內部不易接觸氧化劑
 II: 形成密度更高的合金使鋼材機械性質大幅增強
 III: 鋅可代替鋼材被氧化，提供保護

- (A) I
 (B) II、III
 (C) I、III
 (D) I、II、III

答案：(C)

解析：鋅具有比鐵更低的還原電位，可經過本身氧化將電子提供給鐵，避免鐵氧化。在此過程中形成表面緻密的氧化鋅，可以保護鋼材不與空氣接觸，避免進一步氧化進行。由於鍍鋅處理僅在鋼材表面，並不會大幅改變鋼材的機械性質。

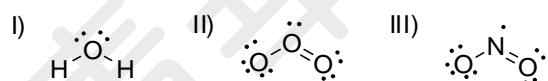
48. 下列化合物鍵角大小的比較，何者正確？

I: H_2O II: O_3 III: NO_2

- (A) $\text{I} < \text{II} < \text{III}$
 (B) $\text{II} < \text{I} < \text{III}$
 (C) $\text{I} < \text{III} < \text{II}$
 (D) $\text{III} < \text{I} < \text{II}$

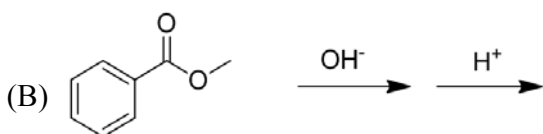
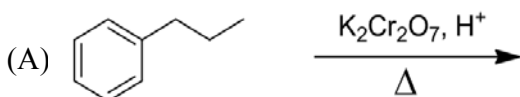
答案：(A)

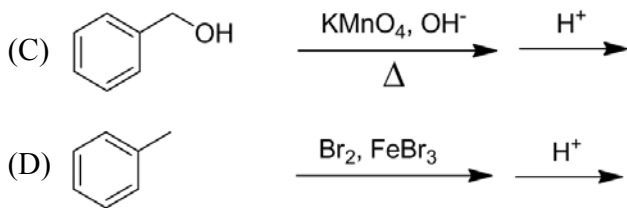
解析：三種化合物的路易斯結構可以表示如下



H_2O 中心原子為 sp^3 混成，並且因為兩對孤對電子使鍵角小於 109.5° 。 O_3 和 NO_2 中心原子皆為 sp^2 混成，故鍵角接近 120° 。另外因為 O_3 孤對電子壓縮鍵角的效果較 NO_2 的單一電子強，所以 NO_2 鍵角 O_3 較大。

49. 下列何反應的含苯環產物與其他三者不同？

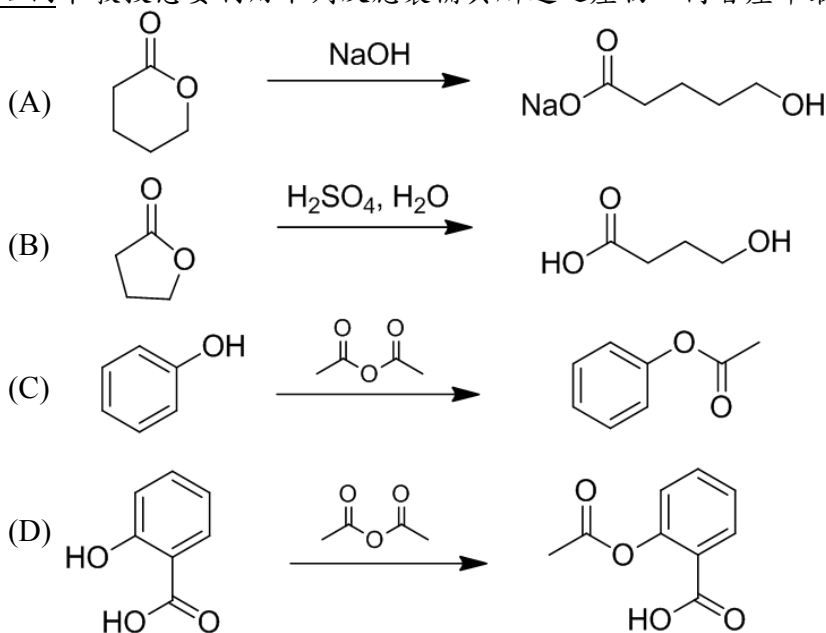




答案：(D)

解析：A、B、C 反應皆產生苯甲酸，D 產生甲基溴苯。

50. 石內卜教授想要利用下列反應製備其所述之產物，何者產率最低？



答案：(B)

解析：A、B 皆為內酯的水解反應，鹼性條件下生成的羧酸立刻被中和為羧酸根，使反應向右進行，酸性條件下反應為可逆，由於逆反應形成內酯是分子內反應，正反應難與其競爭，產率不佳。C、D 皆是以乙酸酐為試劑進行酚類之酯化反應，為常被利用的反應，故答案為 B。

解析有部分遺漏，可修為為：「C、D 皆是以乙酸酐為試劑進行酚類之酯化反應，乙酸酐活性高，故使乙醯化反應產率高，為常被利用的反應」。此修正不影響答案，又因乙酸酐具腐蝕性且為管制品，並不建議考生自行在生活中應用。

第二部分：多選題(占 40 分)

說明：第51題至第70題，每題有5個選項，其中至少有1個是正確的選項，選出正確選項畫記在答案卡之「選擇題答案區」。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得2分；答錯1個選項者，得1.2分，答錯2個選項者，得0.4分，所有選項均未作答或答錯多於2個選項者，該題以零分計算。

51. 在定溫下，A、B 兩密閉容器的體積分別為 2 公升與 3 公升，分別裝有 2 atm 的氧氣與 1 atm 的氮氣，A、B 兩密閉容器間，以體積可忽略的氣閥相連。假設氧氣與氮氣為理想氣體，當氣閥打開且達平衡後，則下列敘述哪些正確？

- (A) A 容器中的總壓力為 1.4 atm
- (B) B 容器中氧氣的分壓與氮氣的分壓相同
- (C) A、B 兩容器中，氧氣的分壓皆為 0.8 atm
- (D) A、B 兩容器中，氧氣的莫耳數比為 2 : 3
- (E) A 容器中，氧氣與氮氣的莫耳數比為 4 : 3

答案：(A)(C)(D)(E)

解析：

(A) 達平衡後，容器中的總壓力都相同， $n = PV / RT$ ， $n_{O_2} = 4 / RT$ ， $n_{N_2} = 3 / RT$ ，所以
 $P = nRT / V = (4+3) / 5 = 1.4 \text{ atm}$ 。

(B) 由 $P = nRT / V$ 可得達平衡後容器中氧氣與氮氣的分壓，分別為 $P_{O_2} = 4 / 5 = 0.8 \text{ atm}$ ，
 $P_{N_2} = 3 / 5 = 0.6 \text{ atm}$ 。所以氧氣的壓力與氮氣的壓力不相同。

(C) $P = nRT / V$ ， $P_{O_2} = 4 / 5 = 0.8 \text{ atm}$ 。

(D) $n = PV / RT$ ，莫耳數與體積成正比，所以氧的莫耳數比為 2 : 3。

(E) 在 A 容器中， $n = PV / RT$ ，莫耳數與分壓成正比，所以氧與氮的莫耳數比為 4 : 3。

52. 在一個體積可變的密閉容器內，考慮化學反應 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + 20 \text{ kJ}$ ，達平衡時，正反應的反應速率為 R_1 ，逆反應的反應速率為 R_2 。在維持系統溫度與壓力不變的條件下，於瞬間通入大量 $He(g)$ 時，正反應的反應速率變為 r_1 ，逆反應的反應速率變為 r_2 ，則下列關係式哪些正確？

- (A) $R_1 = R_2$
- (B) $r_2 > r_1$
- (C) $R_1 > r_1$
- (D) $r_2 > R_2$
- (E) $R_1 > r_2$

答案：(A)(B)(C)(E)

解析：

原本反應達平衡，所以 $R_1 = R_2$ 。瞬間通入大量 $He(g)$ 時，反應系統的體積增加，濃度減小，因此正逆反應的反應速率同時下降，所以 $R_1 > r_1$ 和 $R_2 > r_2$ 。反應式中反應物的係數和大於生成物的係數和，因此反應向左，所以 $r_2 > r_1$ 。因為 $R_1 = R_2$ ，所以 $R_1 > r_2$ 。

53. 在一密閉容器中，有一化學反應 $A(g) + 2 B(g) \rightleftharpoons 2 C(g) + D(g)$ ，在定溫下，當反應達到平衡時，下列敘述哪些正確？

- (A) 不論擴大或縮小反應系統的體積，都不會造成平衡移動
- (B) A、B、C 和 D 的分壓都不隨時間改變
- (C) 若在系統中加入催化劑，則平衡向右移動
- (D) 正逆反應的反應速率相同
- (E) 在容器體積不變的條件下，若加入更多的 $A(g)$ ，則平衡常數 K_p 值增加

答案：(A)(B)(D)

解析：

- (A) 當氣體反應物和氣體生成物的係數和相同時，不論加壓或減壓，系統平衡均不移動。
 (C) 若在平衡反應系統中加入催化劑，會使正逆反應速率同時加快，但是不會改變平衡狀態。
 (E) 定溫下，平衡常數值不變。

54. 下列有關拉塞福散射實驗的敘述哪些正確？

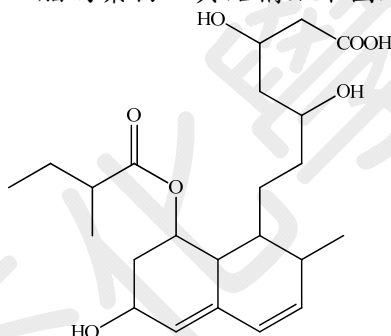
- (A) 拉塞福以中子撞擊金箔
 (B) 拉塞福的實驗結果與湯姆森的原子模型不合
 (C) 拉塞福發現大部分用來撞擊的粒子皆通過金箔，只有少數被反彈回來
 (D) 拉塞福的實驗證實原子核是帶正電
 (E) 拉塞福的實驗證實了電子的存在

答案：(B)(C)(D)

解析：

- (A) 拉塞福以 α 粒子撞擊金箔。
 (E) 拉塞福的實驗證實了原子核的存在。

55. 普伐他汀(pravastatin)是一種調節血脂的藥物，其結構如下圖所示。



下列關於普伐他汀的性質描述哪些正確？

- (A) 與 FeCl_3 溶液混合會發生顯色反應
 (B) 能使酸性 KMnO_4 溶液褪色
 (C) 此化合物含有兩個羰基
 (D) 此化合物可進行加成、取代和脫水反應
 (E) 1 莫耳該物質最多可與 1 莫耳氫氧化鈉反應

答案：(B)(D)

解析：此類型題目於今年指考的非選擇題已出現過，就是叫羧基和酯基。

- (A) 該有機物中沒有酚羥基，不能與 FeCl_3 溶液發生顯色反應。
 (B) 該有機物中有碳-碳雙鍵，可以使酸性 KMnO_4 溶液褪色。
 (C) 該有機物有一個酯基和一個羧基，但沒有羰基。
 (D) 該有機物中有碳-碳雙鍵，能進行加成反應；含有羥基和羧基，可發生取代反應；三個羥基與鄰近碳的氫原子能進行脫水(消去)反應。
 (E) 該有機物有一個酯基和一個羧基，因此 1 莫耳該物質可與多於 1 莫耳氫氧化鈉反應。

答案選(B)(D)。

56. 能源可分為一級能源和二級能源，可直接從自然界中獲得的能源稱為一級能源，需要依靠其它能源的能量間接製取者稱為二級能源。氫氣是一種高效且沒有汙染的二級能源，它可以由在自然界中大量存在的水來製取： $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ ，惟該反應需要吸收大量的能源

才能進行。下列有關能源的敘述哪些正確？

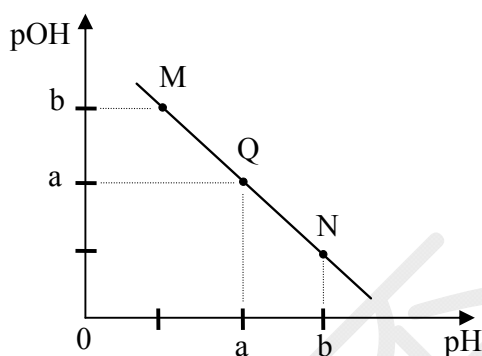
- (A) 天然氣是一級能源
- (B) 構成水的氫和氧都是可以燃燒的物質，因此可研究在水不分解情況下，使氫成為二級能源
- (C) 設法將太陽光聚焦產生高溫，使水分解進而產生氫氣
- (D) 尋找高效催化劑，使水分解產生氫氣，同時釋放能量
- (E) 尋找特殊化學物質，用於開發廉價能源，以分解水製取氫氣

答案：(A)(C)(E)

解析：風力和水力是一級能源，電能是二級能源。水中的氫不同於氫氣，不可能作為能源。氫氣燃燒產生水的過程放出大量的能量，所以用水製取氫氣時必定要消耗能量，因此利用另一種形式的能量來生產氫氣是正確的。答案選(A)(C)(E)。

高溫下水是會分解進而產生氫氣(請參照 International Journal of Chemical Kindtics,2006,38(2),211-219)是有可能利用太陽光聚焦產生高溫。

57. 在 25 °C 下，於 50 mL 的 0.1 M 醋酸溶液中逐滴加入等濃度的 NaOH 溶液，混合液中的 pOH 與 pH 的關係如下圖所示。下列有關此滴定過程的敘述哪些正確？



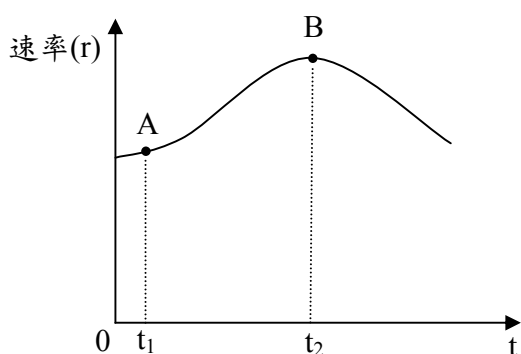
- (A) M 點所示的溶液導電能力強於 Q 點所示的溶液導電能力
- (B) N 點所示溶液中 $[\text{CH}_3\text{COO}^-] > [\text{Na}^+]$
- (C) M 點和 N 點所示的溶液中水的解離程度相同
- (D) Q 點消耗 NaOH 溶液的體積小於醋酸溶液的體積
- (E) M 點所示溶液的體積為三者中最大

答案：(C)(D)

解析：

- (A) NaOH 加得少，離子濃度較低，因此 M 點所示溶液的導電能力最弱。
- (B) N 點所代表的溶液呈鹼性，因此 $[\text{Na}^+] > [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 。
- (C) 由於 M 點的氫離子濃度等於 N 點的氫氧根離子的濃度，兩者對水的解離抑制能力相同，所以兩點的水的解離程度相同。
- (D) Q 點溶液中的 $\text{pOH} = \text{pH}$ ，溶液成中性；當兩者等體積混合後生成醋酸鈉，醋酸根水解呈鹼性，因此 Q 點消耗 NaOH 溶液體積會小於醋酸溶液的體積。
- (E) M 點所代表的溶液呈酸性，所加入 NaOH 溶液的量是三者中最少的，因此溶液體積是三者中最小的。答案選(C)(D)

58. 將鎂帶投入裝有鹽酸的廣口瓶容器中，產生氫氣的速率與時間的關係如下圖所示。下列有關此反應過程的敘述哪些正確？



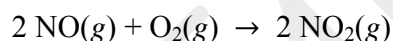
- (A) 鹽酸的濃度會影響反應速率
 (B) 鎂帶的表面積會影響反應速率
 (C) 氫氣的壓力會影響反應速率
 (D) t_1 至 t_2 間形成曲線 AB 的原因是因反應過程放熱
 (E) t_2 時刻後因為氫離子濃度減少導致反應速率變慢

答案：(A)(B)(D)(E)

解析： $\text{Mg} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ ，因此影響反應速率的因素為鎂帶的表面積和氫離子的濃度，另外，溫度對反應速率有較大影響， t_2 之前，隨著反應的進行，氫離子的濃度減少，因反應放熱而導致溫度升高，所以反應速率增加。 t_2 之後，溶液的溫度升高緩慢，氫離子濃度大幅減少是導致反應速率變慢的原因。答案選(A)(B)(D)(E)。

容器是一般的開放式廣口瓶，氫氣一產生就跑掉了，故氫氣壓力不影響反應速率。

59. 一氧化氮與氧氣的反應如下：



則此化學反應可用下列哪些方法求得其反應速率常數？

- (A) 放入以水沾濕的藍色石蕊試紙於反應槽中，觀察其顏色變化
 (B) 放入以水沾濕的紅色石蕊試紙於反應槽中，觀察其顏色變化
 (C) 偵測氣體反應槽內顏色深淺隨時間的變化
 (D) 偵測定容定溫下反應過程的壓力隨時間的變化
 (E) 偵測定壓定溫下反應過程的體積隨時間的變化

答案：**本題送分**

解析：此反應生成之 NO_2 溶於水為酸性，但無論使用何種石蕊試紙，僅可提供“定性”的結果。此過程涉及到莫耳數改變，若在定容定溫下反應則會有壓力變化，若在定壓定溫下反應則會有體積變化。且反應發生時，因為 NO_2 有顏色，故其濃度改變會造成顏色改變

60. 下列哪些分子具有永久偶極矩？

- (A) PF_3
 (B) BF_3
 (C) SO_2
 (D) SF_6
 (E) PCl_5

答案：**本題送分**

解析：

- (A) 角錐形分子，偶極矩向量和不為零
 (B) 平面三角形分子，偶極矩向量和為零

- (C) 角型分子，偶極矩向量和不為零
- (D) 正八面體，偶極矩向量和為零
- (E) 雙三角錐，偶極矩向量和為零

61. 下列哪些組合中的原子及離子組合具有相同的電子組態？

- (A) N 及 O^{2+}
- (B) O^{2-} 及 Ne
- (C) K^+ 及 Mg^{2+}
- (D) Ar 及 Br^-
- (E) K^+ 及 Cl^-

答案：(B)(E)

解析： $N: [He]2s^22p^4$ ； $O^{2+}: [He]2s^22p^2$
 $O^{2-}: [Ne]$
 $K^+: [Ar]$ ； $Mg^{2+}: [Ne]$
 $Br^-: [Kr]$
 $K^+: [Ar]$ ； $Cl^-: [Ar]$

62. 下列哪些物質少量溶於水後可立即產生大量氣體？

- (A) CaO
- (B) CaC_2
- (C) K_2O
- (D) KHF_2
- (E) NaH

答案：(B)(E)

解析：

- (A) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2(aq)$ ，不產生氣體
- (B) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$ ，產生氣體 C_2H_2
- (C) $K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH(aq)$ ，不產生氣體
- (D) KHF_2 溶於水，解離產生 $K^+ + HF_2^-$ ，不產生氣體
- (E) $NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2$ ，產生氣體 H_2 (此選項亦可以 1A 族氫化物溶於水產生氫氣作為作答線索)

63. M、L 和 Q 均為前三週期的元素，其中 M 和 L 屬於同一族元素，且 L 具有較多的質子數，L 和 Q 的原子序總和為 22，又 Q 的電子數目比 M 多 2，則下列相關敘述哪些不正確？

- (A) M 有三種同位素
- (B) M 和 L 本身均可形成網狀結構
- (C) L 和 Q 形成之化合物中具有 π 鍵
- (D) M 和 L 無法形成化合物
- (E) L 和 Q 形成之化合物加入鹽酸可產生氣體

答案：(C)(D)(E)

解析：假設 M, L, Q 之原子序分別為 m, l, q

$$l + q = 22$$

$$q = m + 2$$

$$l = m + 8$$

⇒ 解出 $l = 14$, $m = 6$, $q = 8$ ，故 M, L, Q 三元素分別為 C, Si, O。其中 M 元素有三個同位素 ^{12}C ,

^{13}C , ^{14}C ; M(C)和 L(Si)元素本身可形成網狀結構。L 和 Q 形成之化合物為 SiO_x ，均為 Si-O 單鍵，無 π 鍵存在；M 和 L 可形成 SiC 化合物，常用於半導體；另 SiO_x 化合物不溶於鹽酸亦不會因加鹽酸產生氣體，故答案為(C)(D)(E)

1. 碳確實有多於三個同位素，但僅 ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C 穩定存在，(A) 選項有瑕疵

2. M 為 He, L 為 Ar, Q 為 Be 亦符合題目條件

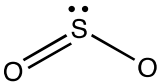
64. 下列有關分子、離子和化合物之相關性質比較哪些正確？

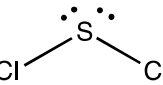
- (A) 鍵角大小 $\text{CS}_2 > \text{SO}_2 > \text{SCl}_2$
- (B) 極性大小 $\text{SO}_3 > \text{IF}_3$
- (C) 熔點高低 $\text{MgO} > \text{NaCl} > \text{LiF}$
- (D) 沸點高低 $\text{ICl} > \text{Br}_2 > \text{GeH}_4$
- (E) 離子半徑大小 $\text{Cl}^- > \text{S}^{2-} > \text{Ca}^{2+}$

答案：(A)(D)

解析：

(A) CS_2 為直線形結構 $\text{S} = \text{C} = \text{S}$ 鍵角 180°

SO_2 為角形  S 上有一孤電子對，鍵角接近 120° (實際為 119°)

SCl_2 為角形  S 上有兩孤電子對，鍵角接近四面體之 109.5° (實際為 103°)
故鍵角大小 $\text{CS}_2 > \text{SO}_2 > \text{SCl}_2$

(B) SO_3 為平面三角形，不具極性； IF_3 為 T 形，具有極性，故極性大小 $\text{IF}_3 > \text{SO}_3$

(C) 離子化合物之熔點隨離子鍵強度增加而上升，而離子鍵強度與離子電荷成正比，但與離子距離呈反比，故熔點高低為 $\text{MgO} > \text{LiF} > \text{NaCl}$

(D) 沸點的高低與分子間作用力有關， ICl 具有極性，分子間作用力較非極性的 Br_2 , GeH_4 大；而 Br_2 分子量比 GeH_4 大，有較強的分散力，故沸點高低 $\text{ICl} > \text{Br}_2 > \text{GeH}_4$

(E) Cl^- , S^{2-} , Ca^{2+} 為等電子的離子，最外殼層的電子數相同，核內質子數愈少則離子半徑愈大，所以離子大小 $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+}$ ；故答案為(A)(D)

65. 以下為未知金屬 X 和 Y 與金屬鋅的標準還原電位：



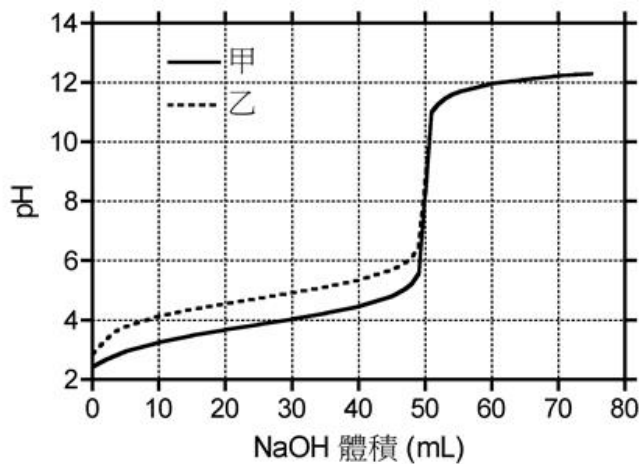
當 X 和 Y 半電池結合成一電池時，電子由 Y 流向 X；又當 Y 與 $\text{H}_2(1.0\text{ atm}) \mid \text{HCl}(1.0\text{ M})$ 半電池連接時，電子由 H_2 流向 Y，則下列敘述哪些正確？

- (A) $a < 0$
- (B) $b < a$
- (C) X 和 Y 組合而成的電池中，X 為正極
- (D) X 半電池和 Y 半電池連接所得電池的電壓為 $(a - b)\text{V}$
- (E) 若 Y 半電池與 $\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4(1.0\text{ M})$ 半電池連接，則電子會由 Y 流向 Zn

答案：(B)(C)(D)

解析：由 XY 電池中電子由 Y 流向 X 得知，Y 比 X 容易氧化 (Y^+ 還原電位較小 $a > b$)，在電池中 Y 為陽極(負極)，而 X 為陰極(正極)產生之電池電壓為 $(a - b) V$ ，又 Y 和標準氫電極 $H_2(1.0 \text{ atm}) | HCl(1.0 \text{ M})$ 連結時，電子由 H_2 流向 Y，表示 H_2 比 Y 容易氧化， Y^+ 的標準還原電位為正 ($b > 0$)，故 X^{2+} 的標準還原電位亦為正 ($a > 0$)；又 Zn 比 Y 容易氧化(因 Zn^{2+} 的標準還原電位為負)，所以 Y 與 Zn 連接成電池時，電子會由 Zn 流向 Y。故答案為(B)(C)(D)

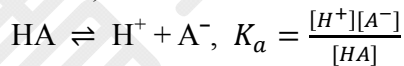
66. 下圖為兩等體積的單質子酸甲和乙溶液以 0.1 M NaOH 滴定之曲線，根據此圖則下列敘述哪些正確？



- (A) 酸的強度甲 > 乙
 (B) 甲和乙兩酸有相同的當量點
 (C) 兩酸以 NaOH 滴定时，均可用甲基紅作為指示劑
 (D) 當加入 20 毫升 NaOH 時，甲的混合液形成一緩衝溶液
 (E) 當加入 25 毫升 NaOH 時，乙混合液的 pH 值等於乙的 pK_a

答案：(A)(B)(D)(E)

解析：由滴定曲線可知甲和乙均為弱酸，有相同的當量點(濃度相同)，未達當量點 (50 mL NaOH) 前溶液會形成緩衝溶液；由以下解離方程式



得知當加入 25 mL NaOH 時， $[HA] = [A^-]$, $[H^+] = K_a$ ，故溶液的 pH 值等於該酸的 pK_a ，由圖得知此時甲溶液的 pH 小於乙溶液的 pH，表示甲的酸強度比乙強(甲的 pK_a 小於乙)；又甲基紅的變色範圍是 4.2~6.3，並不適用於此兩酸滴定的指示劑；故答案為(A)(B)(D)(E)

當量點時酸釋出 H^+ 的莫耳數等於鹼釋出 OH^- 莫耳數，因為甲、乙兩酸的強度不同，故當量點的 pH 不會相同。

67. 關於核糖核酸(RNA)與去氧核糖核酸(DNA)的敘述哪些正確？
 (A) DNA 雙股鹼基之互補配對辨識僅取決於氫鍵的數目
 (B) RNA 一般為單股分子，故其鹼基不形成配對

- (C) 去氧核糖酸在戊糖上 2 號碳的取代基不包括羥基
 (D) DNA 若形成雙股螺旋，其雙股核糖酸排列順序的方向相同
 (E) RNA 與 DNA 皆透過其戊糖上 3 號與 5 號羥基形成磷酸二酯，藉以構成長鏈分子
 答案：(C)(E)

解析：

- (A) DNA 雙股鹼基之互補配對辨識，除了需要氫鍵數目相同外，氫鍵提供與接受的官能基排列方式需要能互相吻合。
 (B) RNA 以單股方式存在時，同一股的鹼基可以互補匹配，以降低能量，同時也改變此 RNA 的構形。
 (D) DNA 若形成雙股螺旋，其雙股核糖酸排列順序的方向相反。

原題敘述 E 選項提到「透過其戊糖上 3 號與 5 號羥基形成磷酸二酯」就生合成機構而言，確實是透過戊糖之 5 號羥基經酵素催化形成三磷酸化後，再與另一戊糖之 3 號羥基反應形成磷酸二酯，故敘述並無不妥。

68. 步美同學在刑案現場發現一支裝有液體的試管，其中液體分為四層且層與層間皆有明顯的介面。下列哪些液體組合可符合上述觀察？
 (A) 蒸餾水；正己烷；二氯甲烷；沙拉油
 (B) 氯仿；飽和食鹽水；乙醚；蒸餾水
 (C) 甲苯；水銀；氯仿；蒸餾水
 (D) 濃硫酸；蒸餾水；氯仿；正己烷
 (E) 蒸餾水；乙醇；正己烷；濃硫酸

答案：(C)(D)

解析：依照液體的密度與極性判斷是否能夠分層

- (A) 密度為正己烷 < 沙拉油 < 蒸餾水 < 二氯甲烷，正己烷與沙拉油可互溶而不會分層。
 (B) 密度為乙醚 < 蒸餾水 < 飽和食鹽水 < 氯仿，蒸餾水與飽和食鹽水不會分層。
 (C) 密度為甲苯 < 蒸餾水 < 氯仿 < 水銀，可形成四層液體。
 (D) 密度為正己烷 < 蒸餾水 < 氯仿 < 濃硫酸，可形成四層液體。
 (E) 密度為正己烷 < 乙醇 < 蒸餾水 < 濃硫酸，乙醇和蒸餾水互溶，蒸餾水與濃硫酸不分層。

蒸餾水小心地加在飽和食鹽水之上，雖然在短時間內不會完全均勻混合，但是在交界處會形成濃度的梯度變化，因此不會有明顯的介面。這與水相/有機相間的壁壘分明的介面有很顯著的差異。

69. 下列哪些可與多倫試劑反應產生金屬銀？

- (A) 蔗糖
 (B) 羥基丙酮
 (C) 乙醛
 (D) 酚甲醛樹脂
 (E) 甲酸

答案：(B)(C)(E)

解析：多倫試劑可與具有醛基或是可在鹼性下重排出醛基的化合物反應。

- (A) 蔗糖為葡萄糖與果糖組成的雙糖，由於葡萄糖與果糖皆以變旋 (anomeric) 碳原子形成糖苷鍵，無法提供醛基與多倫試劑反應。
 (B) 羥基丙酮在多倫試劑的鹼性條件下可重排出醛基並反應。
 (C)、(E) 乙醛與甲酸皆含有醛基可與多倫試劑反應。

(D) 酚甲醛樹脂無醛基，不與多倫試劑反應產生金屬銀。

70. 派大星想利用排水集氣法定量反應產生的二氧化碳，經蒸氣壓修正後，下列哪些方式能夠提高實驗的準確度？

- (A) 提高 pH
- (B) 降低 pH
- (C) 提高溫度
- (D) 降低溫度
- (E) 以食鹽水集氣

答案：(B)(C)(E)

解析：二氧化碳可溶於水，會影響排水集氣的準確度，因此降低二氧化碳在水中的溶解度有助於提高準確度。降低 pH 有助於減少碳酸鹽的生成，也降低了在水中二氧化碳的溶解量。當蒸氣壓修正已經被考慮，提高水溫有助於降低二氧化碳的溶解度。使用食鹽水集氣也可以降低二氧化碳的溶解度，幫助獲得更準確的結果。